

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
كلية الهندسة
مكتبة الإكسير الإلكترونية
Al-Exir Electronic Library
مبادئ عمليات الانتاج
د. قحطان خلف الخزرجي
استاذ مساعد قسم الميكانيك
كلية الهندسة / جامعة بغداد
د. عادل محمود حسن
استاذ مساعد قسم الميكانيك
كلية الهندسة / جامعة بغداد

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
كلية الهندسة



مبادىء عمليات الانتاج

د. قحطان خلف الخزرجي
استاذ مساعد/قسم الميكانيك
كلية الهندسة/جامعة بغداد

د. عادل محمود حسن
استاذ مساعد/قسم الميكانيك
كلية الهندسة/جامعة بغداد



(الطبعة الثانية)
طبع على نفقة جامعة بغداد

مطبعة التعليم العالي
بغداد ـ ١٩٨٧

محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة
مسطرة الصلب ، مسطرة قياس العميق ، القدمة ، المايكرومتر ، زاوية الضبط القائمة ، المنقلة القدمة ، ميزان التسوية الكحولي ، المجموعة المركبة ، قوالب القياس ٠	١٠٣ ـ ١١٤
ـ التحديد وادواته	١١٥
الطلاء في التحديد ، مسطبة التحديد ، المخطاط ، سنبك المركز ، فرجال التقسيم ٠	١١٥ ـ ١١٩
ـ اسئلة	١٢٠
الفصل الخامس ـ عدد التشغيل اليدوية	١٢٣
المبرد وعملية البرادة ، المقشط اليدوي ، الاجنة او الازميل ، المنشار وعملية النشر	١٢٥ ـ ١٣٤
ـ اسئلة	١٣٥
الفصل السادس ـ تشغيل المعادن	١٣٧
الخراطة ، الثقب ، القشط ، التفريز ، التجليخ	١٤١ ـ ١٥١
ـ اسئلة	١٥٢
الفصل السابع ـ السباكة	١٥٥
ـ عمليات السباكة	١٥٨
السباكة الرملية ، السباكة في القوالب الدائمية ، السباكة في القوالب الدائمية تحت الضغط ، السباكة بالطرد المركزي ٠	١٦٦ ـ ١٧٨
ـ اسئلة	١٧٩
الفصل الثامن ـ عمليات التشكيل الميكانيكي للمعادن	١٨١
ـ عمليات التشكيل على الساخن	١٨٤
الدرفلة على الساخن ، الحدادة ، عمليات البثق ، التشكيل الساخن بالدوران ، التشكيل بالخرق على الساخن ٠	١٨٥ ـ ١٩٢
ـ عمليات التشكيل على البارد	١٩٣
الدرفلة على البارد ، عمليات السحب على البارد ، التشكيل البارد	

الموضوع	الصفحة
الوصل بالبراغي (اللوالب) ، الوصل بالبرشمة ، الوصل بالسمكرة والمونة .	٣١٥ ـ ٣١٦
ـ اللحام	٣١٧
لحام الحدادة ، اللحام الغازي ، لحام القوس الكهربائي ، لحام المقاومة الكهربائية ، اللحام البارد .	٣١٩ ـ ٣٢٥
ـ اسئلة	٣٢٧
الفصل الرابع عشر ـ السلامة الصناعية	٣٢٩ ـ ٣٤٠
ـ اسئلة	٣٤١
ـ المفردات العلميه	٣٤٣
ـ المصادر	٣٥٩

الفصـــل الاول

(انتـــاج المعـــادن)

Production of Metals

الفصل الاول

(انتــاج المعــادن)

Producation of Metals

بالرغم من ان بعض المواد الهندسية (معدنية وغير معدنية) من أصل عضوي (حيواني او نباتي) لكن الارض تعتبر المصدر الرئيسي لبقاء مثل هذه الاحياء ولوجود الكثير من المواد ، كما انه لمن النادر وجود المواد في الطبيعة بالشكل الذي تستعمل به في الصناعة •

فالمواد المعدنية (المعادن) تستخلص من خاماتها وذلك بعد مرورها بسلسلة من العمليات الغرض منها التخلص من العناصر الغريبة والمتواجدة في الخامات من اجل الحصول على هذه المعادن بدرجة النقاوة المطلوبة في التصنيع وبما ان دراسة انتاج مختلف انواع المعادن بالتفصيل قد يحتاج الى مجلدات متعددة وهذا بالطبع ليس الغرض من هذا المؤلف لذا فقد خصصنا هذا الفصل لدراسة انتاج بعض المعادن والتي نعتقد بانها ضرورية لتكوين فكرة لدى القاريء من اجل استيعاب مواد الفصول القادمة من هذا الكتاب •

١ـ١ انتاج المعادن الحديدية : Production of Ferrous Metals

عرف الانسان الحديد منذ فترة طويلة تتجاوز الستة الاف سنة وكان يحصل في تلك الفترة على هذا المعدن من حجر النيازك الساقطة على الارض •

ولاحظ الانسان القديم بان حديد النيازك قابل للطرق والتشكيل مثل بقية المعادن التي كان يستعملها كالذهب والفضة والنحاس ، كما لاحظ بان صلادته تفوق هذه المعادن جميعا • واعتبر هذا المعدن الجديد من اثمن المعادن المتوفرة حينذاك وذلك لندرة سقوط النيازك ولعدم المام الانسان البدائي بأية طريقة للحصول عليه من الارض ، ولعل المنتوجات المصنوعة من هذا المعدن في تلك الفترة كانت تباع بأسعار اعلى من نظائرها المصنوعة من الذهب !

ومنذ حوالي اربعين قرنا تقريبا ، تعلم الانسان كيف يستخلص هذا المعدن من خاماته ولعل ذلك قد حدث بالصدفة في العراق او في مصر · ويعد هـــذا الحدث من اهم الاكتشافات في تاريخ الانسان حيث انه لا يقل اهمية عن اكتشاف النار او اختراع العجلات ·

وبعد هذا الاكتشاف حل الحديد محل الحجر والبرونز في صنع الادوات والاسلحة ونقل الانسان من عصر الى عصر آخر لا زال نعيشه ، وخطت المدنية باستعمال الحديد خطوات جبارة في سلم الرقي والتقدم ·

وعندما بدأ استعماله يعم وينتشر ، حسنت خواصه لمرات عديـــدة وتم الكشف عن صفات جديدة له وامكانيات كثيرة لاستخدامه ، وبـــذلك تضاعف انتاجه حتى اصبح اليوم ينتج بكميات تبلغ الاف اضعاف ما انتج منه سابقا ·

١ ــ ١ ــ ١ خامات الحديد : Iron Ores

خامات الحديد هي خامات طبيعية تحتوي على اكاسيد او كاربونات أو هيدروكسدات الحديد بالاضافة الى المواد العاطلة كالسيلكا (SiO_2) والالومنيا (Al_2O_3) وغيرها ·

وتتحدد صلاحية خام الحديد للاستخلاص بنسبة الحديد فيه وبتركيـب المادة العاطلة ، وبوجود عناصر اخرى مختلطة به كالكبريت والفسفور والمنغنيز ··· الخ ·

واهم خامات الحديد التي تستعمل كمصدر للحديد التجاري هي :

أ ــ الماجنتيت

ويحتوي على الحديد في شكل اوكسيد الحديد المغناطيس (Fe_3O_4) ونسبة الحديد في هذا الخام قد تصل الى ٧٢ر٤٪ والخام ذو خواص مغناطيسية، شديد الكثافة ، اسود اللون ·

ب ـ الهماتيت

وهو عبارة عن اوكسيد الحديد غير المائي (Fe_2O_3) وهو المصدر المصدر الرئيسي لمعظم الحديد المستعمل في العالم وتتراوح نسبة الحديد في هذا الخام من ٤٠ ـ ٦٥٪ ولونه احمر ، او بني ، او اسود ٠

ج ـ الليمونيت

الليمونيت وانواع اخرى من هيدروكسيدات الحديد يتراوح تركيبها الكيمياوي من ($2Fe_2O_3 \cdot H_2O$) الى ($Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$) وتتراوح نسبة الحديد في هذه الخامات من ٢٠ـ٥٥٪ وتتميز بلونها البني ذات الصفات المختلفة

د ـ السيدريت

وهو عبارة عن كاربونات الحديد ($FeCO_3$) ونسبة الحديد فيه قليلة جدا ولونه رمادي مصفر ٠

١ـ١ـ٢ انتاج الحديد الغفل : Product of Pig Iron.

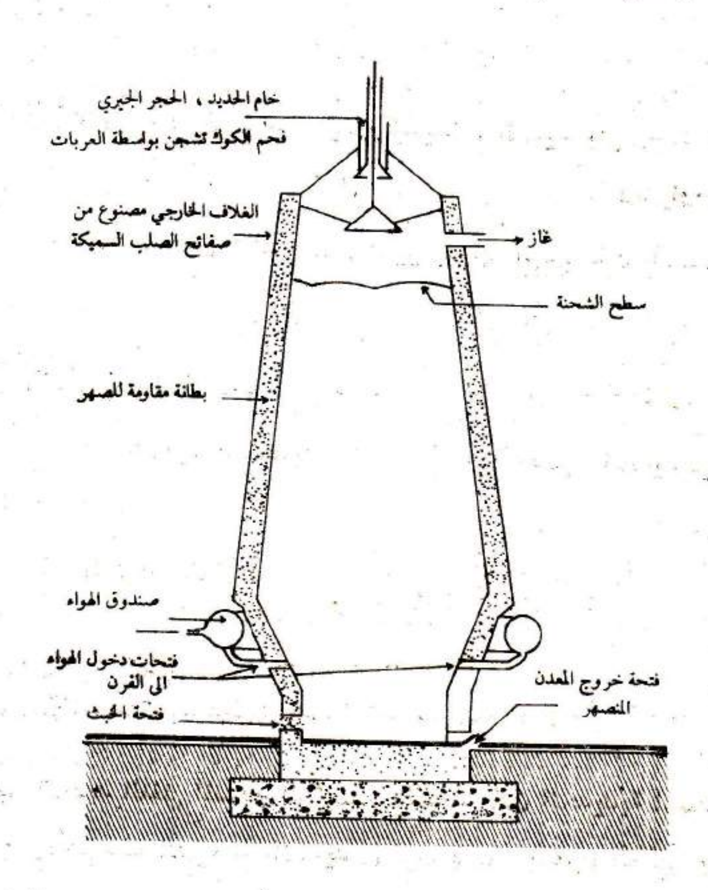
١ـ١ـ٢ـ١ الفرن العالي : Blast Furnace.

يعتبر الحديد الغفل المصدر الرئيسي لكافة المعادن الحديدية المستعملة في الصناعة ٠ وينتج هذا النوع من الحديد في فرن يسمى بالفرن العالي او الفرن النفاخ (شكل ١ـ١) ٠

وهذا الفرن عبارة عن برج ضخم مغلف من الخارج بصفائح الصلب السميكة ومبطن من الداخل بطابوق حراري ومجهز بمراوح هوائية لتجهيز الهواء اللازم للاحتراق واختزال الشوائب وهنالك عربات للشحن ترفع مع

ما تحمله من المواد الاولية الى اعلى الفرن بواسطة رافعة مائلة ٠

وشحنة الفرن تتكون من خام الحديد ، الحجر الجيري وفحم الكـــوك والحجر الجيري عبارة عن عامل مساعد يتحد مع المواد العاطلة ومع رماد الوقود ليكون الخبث السائل ٠ ويجهز فحم الكوك الحرارة واول اوكسيد الكاربون لاختزال اوكسيد الحديد ٠



شكل (١ـ١) الفرن العالي

ويتكون غاز اول اوكسيد الكاربون (CO) من احتراق كاربون فحم الكوك بواسطة اوكسجين الهواء الداخل الى الفرن من فتحات الهواء ويصحب مرور الهواء خلال فحم لكوك المتوقد حرارة شديدة وتكون كمية كبيرة من غاز اول اوكسيد الكاربون الذي يرتفع الى الاعلى مارا خلال الشحنة · ويختزل خام الحديد تدريجيا نظرا لوجود الغاز المختزل (CO) بالاضافة الى الحرارة العالية · ويسمى هذا الاختزال بالاختزال غير المباشر وهنالك اختزال آخر يتم بواسطة الكاربون الصلب الذي يتكون نتيجة لتفكك (CO) ويسمى هذا الاختزال بالاختزال المباشر · واثناء هبوط الحديد وتجمعه في الموقد تذوب فيه كمية عالية من الكاربون والعناصر التي تم اختزالها في داخل الفرن كالمنغنيز والسليكون والفسفور وكذلك المركبات الكبريتية الموجودة في الخام وفي فحم الكوك · لذا فان هذا النوع من الحديد يسمى بالحديد الغفل ·

اما الخبث (Slag) المتكون فيتجمع فوق الحديد الغفل في اسفل الفرن وذلك لان وزنه النوعي اقل من الوزن النوعي للحديد ويستخرج الخبث مرة لكل ساعة تقريبا من الفتحة الخاصة به والموجودة في الجانب السفلي من الفرن، واسفل هذه الفتحة توجد فتحة اخرى لخروج الحديد الذي يجمع كل «٤» ساعات تقريبا · علما بأن الفرن العالي يعمل بصورة متواصلة ولفترة زمنية طويلة ، وان معدل انتاجيته في اليوم الواحد تبلغ حوالي (١٠٠٠) طن من الحديد ·

١ـ١ـ٢ـ٢ نواتج الفرن العالي : Products of Blast furnace

أ ـ الحديد الغفل : Pig Iron

ينقل حديد الغفل المصهور الى افران اخرى لتقليل نسبة الشوائب فيه أما بحالته السائلة او الصلبة · فاذا كانت افران التحويل قريبة من موقع الفرن العالي فيتم نقله بحالته السائلة · أما اذا كانت هذه الافران بعيدة عن موقع الفرن العالي ، فان الحديد الغفل السائل يسبك على شكل كتل معدنية كبيرة « مسبوكات اولية » ثم ينقل الى موقع هذه الافران حيث يعاد صهره ويحول الى مواد حديدية اخرى ·

ب ـ الخبث : Slag

كان الخبث في السابق يدفن في الارض للتخلص منه ، ولكن بتطور الصناعة اصبح يستعمل في صناعة الاسمنت والاسمدة وفي انتاج صوف الخبث الذي يستعمل كعازل للحرارة وفي الكثير من الصناعات الاخرى ·

ج ـ الغازات : Gases

والغازات الناتجة من الفرن العالي هي :

N_2 , CH_4 , H_2, CO_2 , CO

وتستعمل هذه الغازات بعد تخليصها من الغبار كوقود لمسخنات الهواء والغلايات وغيرها من التركيبات الصناعية الموجودة في موقع الفرن العالي او بالقرب منه ·

ونظرا لان فحم الكوك المستخدم في الفرن العالي لاختزال الحديد اصبح يشكل مشكلة عالمية وذلك لتناقص كمياته وارتفاع سعره فقد بدأت محاولات عديدة لاستخدام مواد بديلة عنه لتكون مصدرا للطاقة والاختزال ·

ويستخدم في العراق « محافظة البصرة » الغاز الطبيعي في الوقت الحاضر كمصدر للطاقة وكمادة لاختزال الخامات · حيث يمرر الغاز على جهاز يفصل

منه الكبريت ثم يخلط هذا الغاز ببخار مسخن ليتحول الى الغاز المختـــزل بأمراره على عامل مساعد « النيكل مثلا » ليتم التفاعل التالي في درجة حرارة ٨٢٥° م وضغط ٥ر١٠ جو تقريبا ٠

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2$$

ثم يمرر هذا الخليط الناتج من اول اوكسيد الكاربون والهايدروجين على خامات الحديد والموجودة في مفاعلات خاصة وذلك لتتم عملية الاختزال ٠ ونظرا لفقدان الخامة للاوكسجين الذي يكون على شكل اكاسيد الحديد او اكاســيد لمعادن اخرى فانها تتحول بمرور الوقت الى ما يشابه الاسفنج ، لذا يســمى المنتج بعد انتهاء عملية الاختزال بالحديد الاسفنجي ٠

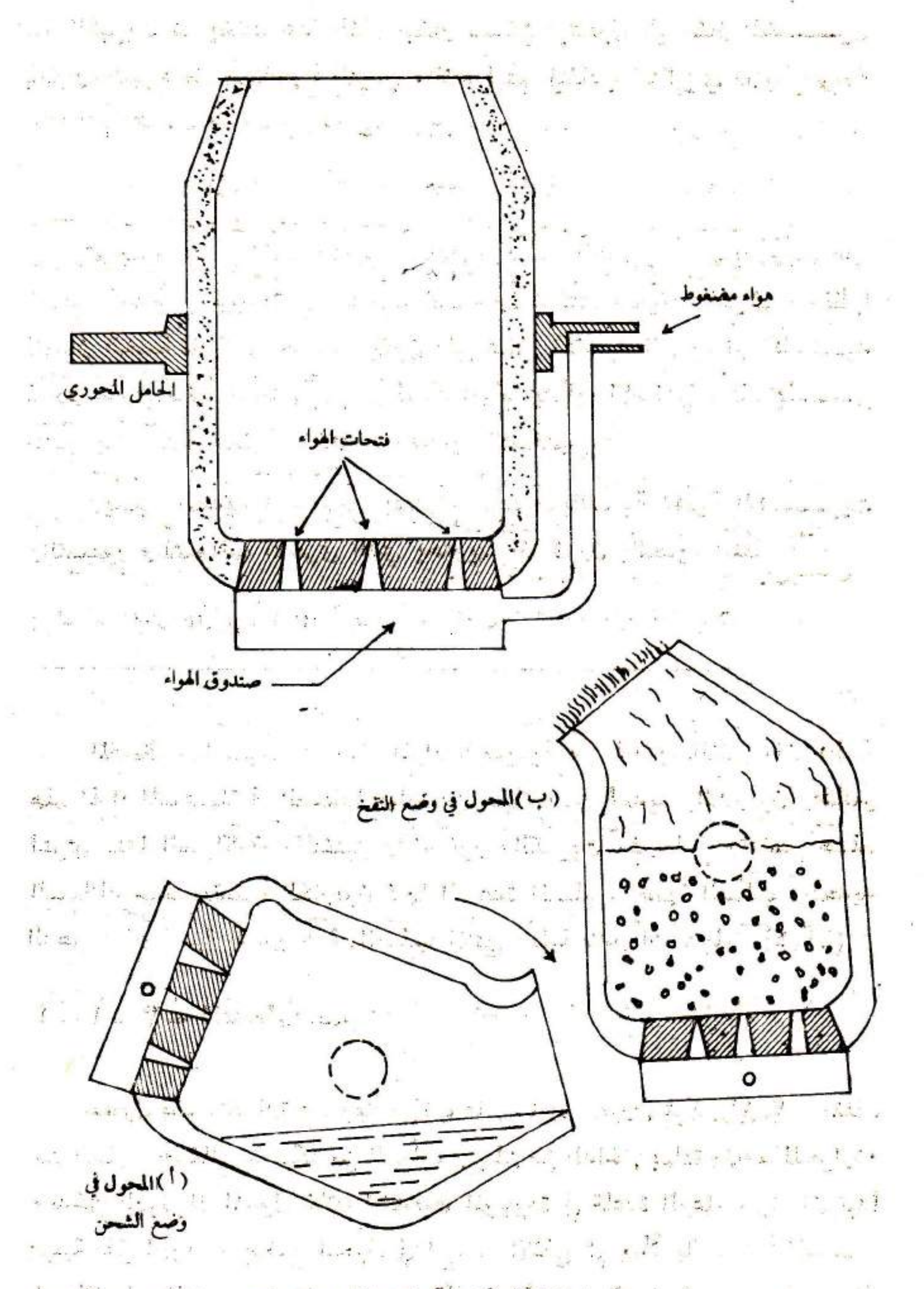
ويتميز الحديد الاسفنجي بنقاوته العالية بالنسبة لكمية الكبـــريت والفسفور والشوائب الاخرى الذي يحتويها اذا قورن بالحديد الغفل ٠

١ـ١ـ٣ انتاج الصلب (الفولاذ) : Production of Steel.

الملاحظ مما سبق ان اصل المواد الحديدية هو الحديد الغفل وان كافــة هذه المواد المستعملة في الصناعة عبارة عن سبائك من الحديد والكاربون وعناصر أخرى منها السيلكون والمنغنيز والفسفور والكبريت وغيرها ٠ وتنقسم هــذه السبائك حسب نسب الكاربون فيها الى عدة اقسام ، اهمها الصلب والحديد الزهر ٠ ان نسبة الكاربون في الصلب المنتج عمليا يندر ان تتجاوز (٤ر١٪) ٠

١ ـ ١ ـ ٣ ـ ١ محول بسمر : Bessemer Converter.

محول بسمر عبارة عن وعاء مركب على حامل محوري شكل (١ـ٢) ومغلف من الخارج بصفائح سميكة من الصلب ومبطن من الداخل بمادة مقاومةللحرارة٠ ويدخل الهواء الى المحول خلال الفتحات الموجودة في قاعدة الوعاء وقبل ان تبدأ عملية نفخ الهواء ، يوضع المحول في الوضع الافقي ثم يملأ بالحديد الغفـــل السائل الى ثلث حجمه تقريبا وبعد ذلك يبدأ بنفخ الهواء ثم يدار المحول الى الوضع الرأسي (العامل) فيتحد أوكسجين الهواء المار خلال المعدن المصهور



شكل (١-٢) محول بسمر .

بالشوائب الموجودة فيه ويحرقها مولدا لهبا ساطعا عند عنق المحول · وتلاشي هذا اللهب دليل على احتراق معظم الكاربون · وتستمر عملية النفخ بعد زوال هذا اللهب الساطع لحرق العناصر الاخرى ان وجدت كالسيلكون والمنغنيز ولحين ظهور دخان بني غامق يدل على تأكسد شديد للحديد فعندها يدار المحول الى الوضع الافقي مع ايقاف تيار الهواء تدريجيا · ان المعدن المصهور المتبقي بعد انتهاء عملية النفخ عبارة عن حديد بعضه متأكسد وخالي تقريبا من الشوائب ، لذا فانه من الضروري اضافة بعض المواد الى المعدن المصهور قبل عملية الصب ·

وتضاف عادة سبائك الحديد المنغنيزي وتتكون هذه السبائك من ٧٥ـ٨٠٪ منغنيز ٦ـ٧٪ كاربون والباقي حديد وللتخلص من اوكسيد الحديد المذاب في المعدن المصهور المنتج ، كما انه من الممكن التحكم بكمية الكاربون المضافة عن طريق هذه السبائك لانتاج صلب حسب المواصفات المطلوبة ·

ان سعة محولات بسمر قد تصل الى (٣٠) طن وعملية تحويل الحديد الغفل الى صلب في هذه المحولات تستغرق حوالي (٣٠) دقيقة وهنالك محول مشابه لمحول بسمر يسمى بمحول توماس ويختلف هذا الاخير عن الاول بكون بطانته قاعدية ويستخدم لتحويل حديد الغفل الذي يحتوي على نسبة عالية من الفسفور والكبريت اما محول بسمر فبطانته حامضية فعلية يتم تحويل الحديد الغفل فيه والذي يحتوي على نسبة قليلة من الفسفور والكبريت ·

١ـ١ـ٣ـ٢ فرن المرقد المفتوح «سيمنز مارتن» Open-hearth Furnace.:

يتكون هذا الفرن من مكان التشغيل حيث تصهر الشحنة وشبابيك الشحن لادخال مكونات الشحنة ومن قنوات ومسترجعات للحرارة شكل (١ـ٣) ويستعمل الوقود السائل او الغازي لتجهيز الفرن بالحرارة اللازمة ، وشحنة الفرن تتكون من الحديد الغفل (السائل او الصلب) وكذلك من حديد النفاية وسعة هذه الافران كبيرة تصل احيانا الى (٥٠٠) طن ويعطى الوقود عند اشتعاله في مدخل الفرن لهيبا طويلا زاحفا يسخن مكان التشغيل ويصهر الشحنة ،

ويعمل الاوكسجين الموجود في هذا اللهب الزاحف مع الحجر الجيري المضاف الى الشحنة علـــى ازالـــة الشوائب الموجودة في المعـــدن المصهور وجعله حديدا نقيـــــا (Pure Iron) ·

ويزال الخبث المتكون على انفراد ويصب الحديد المصهـــور في مغارف خاصة ، يضاف اليها نسبة معينة من السبائك الاخرى للحصول على صلـــب حسب المواصفات المطلوبة ·

ان فرن المرقد المفتوح عبارة عن فرن استرجاعي حيث يتم تحويل مجرى سير الوقود والهواء فيه بين فترة واخرى (كل ٣٠ دقيقة تقريبا) بواســـطة صمامات التحويل ، وبذلك يتم تسخين مسترجعات الحرارة الموجودة عـــلى جانبي مكان التشغيل بالتناوب بواسطة الغازات الناتجة من الاحتـــــراق ومسترجعات الحرارة تقوم بدورها بتسخين الهواء والوقود الداخلين الى مكان التشغيل لرفع الكفاءة العاملة للفرن · والزمن المستغرق لانتاج الصلب في فرن ذو سعة (١٠٠) طن يبلغ حوالي (١٤) ساعة ، وهذا يسمى بزمن الصهرة ·

يتميز فرن المرقد المفتوح الذي يعرف ايضا بفرن سيمنز ـ مارتن عن محول بسمر بالنقاط التالية :

أ ـ السعة العالية للفرن ، والتي تصل في بعض افران المرقد المفتوح الى (٥٠٠) طـــن ·

ب ـ يستعمل حديد النفاية كجزء من مكونات الشحنة وبذلك فان هذه الافران تمثل اسلوب عملي للاستفادة من الحديد القديم كما ينتج عن اضافـــة حديد النفاية انخفاضا في نسب الشوائب المطلوب ازالتها من الشحنة ·

ج ـ يمكن التحكم في نوعية الصلب المنتج بافران المرقد المفتوح وذلك لطول زمن الصهرة ، لذا فانه من الممكن بسهولة اعادة انتاج نفس النـــــوع وبكميات ضخمة اذا استدعى الامر ذلك ·

١ـ١ـ٣ـ٣ فرن القوس الكهربائي : Electric Arc Furnace :

في السنوات الاخيرة بدأ استخدام هذا النوع من الافران يعم وينتشـــر لتحضير وانتاج صلب بدرجة عالية من الجودة ·

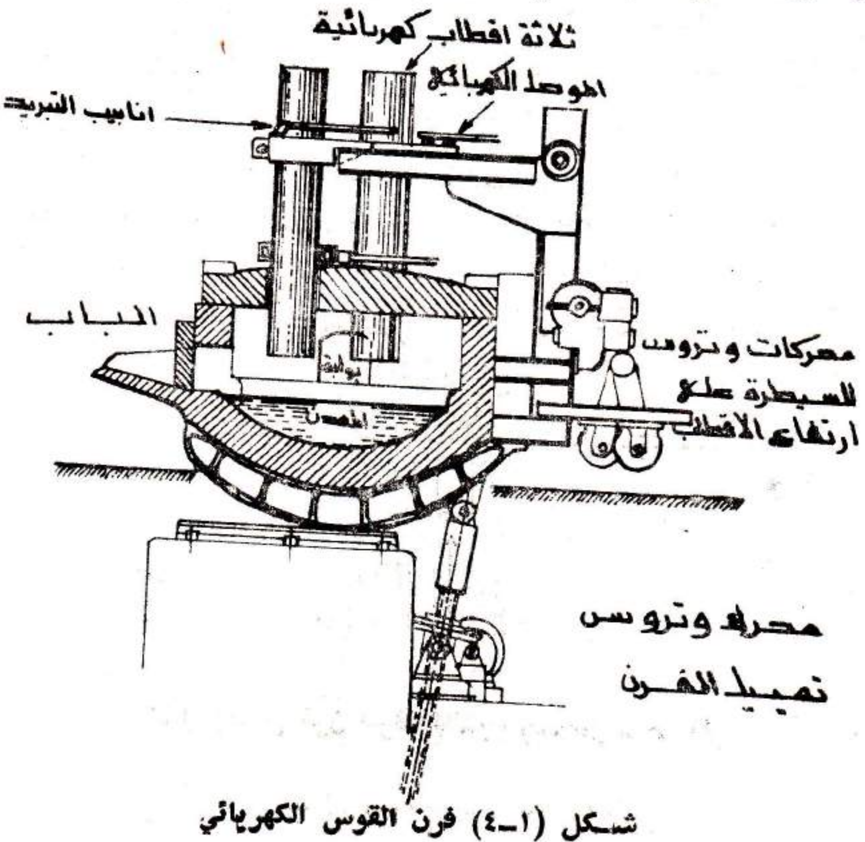
شكل (١-٣) فرن المرقد المفتوح (سيمنز - مارتن)

وتتولد الحرارة اللازمة للصهر ، من الاقواس الكهربائية بين اقطاب الكاربون وحمام المعدن · والشوائب الموجودة في الشحنة يتم اكسدتها عند صهرها تحت نوع معين من الخبث والذي يمتص بدوره هذه الشوائب المتاكسدة، ويتم التخلص من هذه الاكاسيد بأمالة الفرن ·

والشكل (١ـ٤) يبين مخطط توضيحي لهذا النوع من الافران والتي تستخدم عادة لانتاج الصلب السبائكي بسعة قد تصل الى (١٥) طن ·

١ـ١ـ٤ انتاج الحديد الزهر : Production of Cast Iron

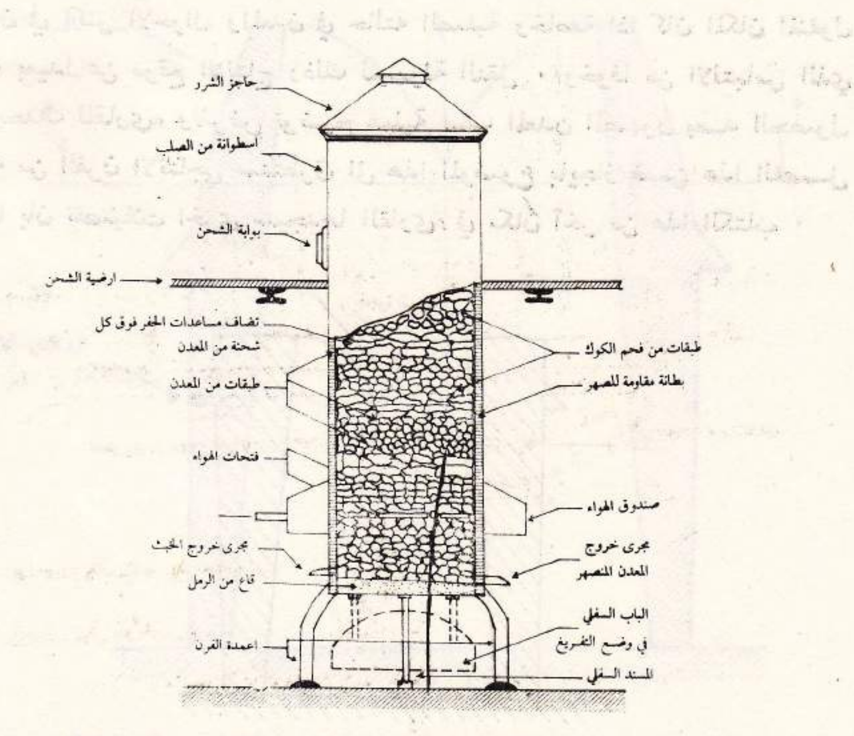
ان فرن الدست (Cupola) شكل (١ـ٥) هو من اهم الافران المستعملة من اجل تحويل الحديد الغفل الى الحديد الزهر ، ونسبة الكاربون في هذه السبيكة الحديدية الاخيرة تتراوح بين ٥ر٢ ـ ٧٥ر٣٪ · وفرن الدست عبارة عن صورة مصغرة للفرن العالي ، حيث يتكون من إسطوانة مصنوعة من الواح



شكل (١ـ٤) فرن القوس الكهربائي

الصلب السميكة ومبطنة من الداخل بطابوق حراري وترتكز هذه الاسطوانة على اربعة اعمدة ، ويحيط جزئها السفلي صندوق الهواء وفتحات لتوصيل الهواء الى داخل الفرن ٠ وقاع الاسطوانة مغلق بوصلات مفصلية بحيث يمكن تفريغ الفرن باسقاط الباب السفلي ٠ والقاعدة السفلية للفرن تصنع من رمال المسبك حيث يدك في موقعه فوق الباب السفلي ٠

وتوجد فتحات في اسفل الفرن لخروج المعدن المصهور والخبث ، يشحن الفرن من بوابة شحن بطبقات متتالية من فحم الكوك والمعدن (حديد الغفل وحديد النفاية) والحجز الجيري الموجود في الجانب العلوي من الاسطوانة ويعمل الحجر الجيري على ازالة معظم الشوائب وابقائها في حالتها السائلة حتى يتم تفريغها من الفرن على شكل خبث ٠ اما المعدن المصهور فيتجمع في اسفل المرقد بعد فترة وجيزة من ايقاد الفرن وامرار التيار الهوائي حيث يجمع في مغارف خاصة في فترات زمنية متقطعة ٠



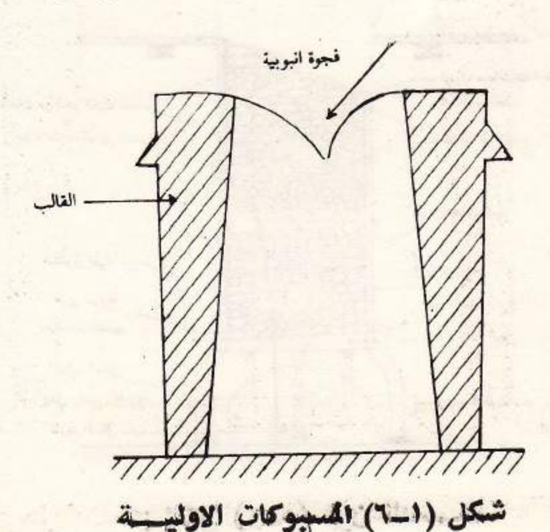
شكل (١-٥) فرن الدست

وينقل الحديد الزهر المصهور بواسطة هذه المغارف الى مكان آخر حيث يصب في القوالب المعدة لانتاج مسبوكات الزهر ، ومن الممكن التحكم بنسب مكونات حديد الزهر باضافة كميات مناسبة ، ذات تركيب معين من حديد النفاية .

وانتاجية الفرن لكل متر مربع من مقطعة تتراوح بين (٧) الى (٨) طن/ ساعة من المعدن المصهور ، علما بأن هذه الافران لا تعمل بصورة مستمرة بل تشتغل لفترة قصيرة تتراوح بين (٤) الى (١٦) ساعة يوميا وحسب الحاجة .

١-١-٥ انتاج المسبوكات الاولية : Production of Ingots

ذكر في الفقرة (١-١-٢-٢) بأن حديد الغفل ينقل لتقليل نسبة الشوائب فيه اما بحالته السائلة او الصلبة الى افران اخرى . ان عملية النقل هذه تكون في اكثر الاحوال والمعدن في حالته الصلبة وخاصة اذا كان المكان المنقول اليه بعيدا عن موقع الانتاج وذلك لسهولة النقل . وخوفا من الالتباس الذي قد يحدث للقارىء ولغرض توضيح عملية صب المعدن المصهور بعد الحصول عليه من الفرن الانتاجي سنتطرق الى هذا الموضوع بايجاز ضمن هذا الفصل علما بأن تفصيلات اخرى سيجدها القارىء في مكان آخر من هذا الكتاب .

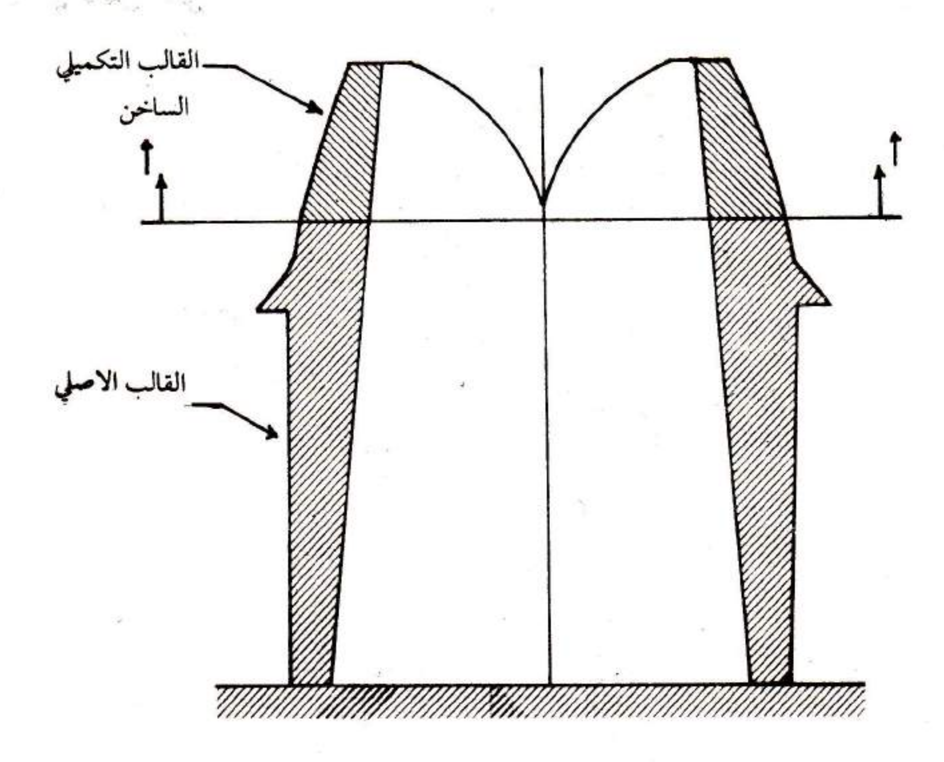


شكل (١-٦) المسبوكات الاولية

ان عملية صب معدن مصهور في قالب معدني او رملي يجسد شكلا معينـا وتركه في هذا القالب ليتحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة تسـمى بالسباكة فبعد الحصول على المعدن بالحالة السائلة من الفرن يصب في قالب كما مبين في الشكل (١ـ٦) ٠

ولكي يتم التخلص من قناة الانكماش والتي تحصل بسبب انكماش المعدن اثناء التجمد بوضع قالب تكميلي على القالب الاولى كما مبين في الشكل يسمى القالب التكميلي الساخن (القمة الساخنة) شكل (١ـ٧) ٠

ويلاحظ بأن القالب الاصلي وكذلك القالب التكميلي الساخن مسلوب من الداخل وذلك لتسهيل اخراج المسبوكة بسحب القالب الى الاعلى أما قنـاة الانكماش فيتم التخلص منها بالقطع (المقطع ١ـ١) في الشكل ويتخلص من

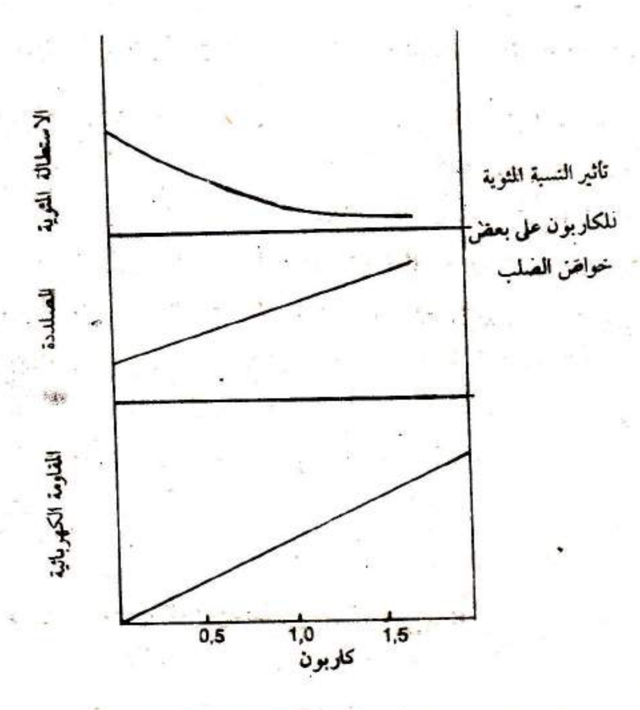


شكل (١ـ٧) السباكة باستخدام القوالب التكميليه الساخنة ٠

قناة الانكماش بسبب المضاعفات التي تحدث عند استمرار تشكيل المعدن بعملية كالدرفلة أو الحدادة (انظر عمليات التشكيل) حيث تسبب في الحصول على منتجات ، معيوبة لا تفي ، بالمواصفات المطلوبة للمنتجات عند الاستعمال ٠

١ـ١ـ٦ الصلب وانواعه : Types of steels:

يقسم الصلب عادة الى صلب كاربوني وصلب سبائكي والصلب الكاربوني يقسم بدوره الى صلب البناء ونسبة الكاربون فيه لاتزيد على ٦ر٠٪ وعند تجاوز نسبة الكاربون النسبة المذكورة يسمى الصلب عندها بصلب العدد ولنسبة الكاربون تأثير كبير على خواص الصلب كما مبين بالشكل (١ـ٨) ، وهذه الخواص سيأتي تفصيلها ضمن الخواص الميكانيكية والفيزياوية للمعادن في فصل قادم ٠



شكل (١ـ٨) تأثير النسبة المئوية للكاربون على بعض خواص الصلب

اما الصلب السبائكي فيقسم الى سبائكي واطيء حيث لا تتجاوز نسبة عناصر السبك ٤٪ من وزن الصلب واستعمالاته لا تختلف بالكثير من استعمالات الصلب الكاربوني لنفس نسب الكاربون ويضاف النيكل عادة للحصول على خواص المقاومة ضد الكلال اما اذا تجاوزت عناصر السبك النسبة المذكورة اعلاه فعندها يسمى الصلب بالصلب السبائكي العالي واهم انواعه صلب العدة عالي السرعة ويحتوي على التنجستن والكروم والصلب المقاوم للصدأ (ويحتوي على النيكل والكروم) الصلب المقاوم للتأكيل الكيمياوي (يحتوي على المنغنيز) وهناك تقسيمات اخرى للصلب تعتمد على طريقة انتاجه او على نقاوته لا يسع المجال لتفصيلها .

١-١-٧ الحديد الزهر وانواعه: Cast Iron and Types of Cast Iron

من الممكن تقسيم الحديد الزهر الى الحديد الزهر الرمادي والحديد الزهر الابيض والسبب في هذه التسميات هو الشكل الذي يظهر به مقطع حديد الزهر عند كسره ، فلو وجد الكاربون في حالة جرافيت يكون لون المقطع رمادي ، اما اذا وجد الكاربون متحد مع الحديد بشكل سمنتيت (Fe_3C) فعندها يكون لون المقطع رمادي ابيض وهنالك الكثير من الوسائل التي تستخدم من اجل الحصول على حديد الزهر بشكله الرمادي او الابيض منها :

أ ـ سرعة التبريد : Cooling Rate

سرعة التبريد العالية تؤدي الى تكوين السمنتيت بعكس سرعة التبريد البطيئة حيث تساعد على تكون الجرافيت .

ب ـ نسبة الكاربون : Constituents Pereentage

كلما زادت نسبة الكاربون كلما ازداد احتمال تكون حديد الزهر الرمادي بدلا عن الحديد الزهر الابيض .

ج ـ نسب المكونات : : Constituents Percentage.

السليكون والنيكل يزيد من احتمال الحصول على الحديد الزهر الرمادي .

د ـ المعالجة الحرارية : Heat Treatment.

كلما ازداد وقت المعالجة الحرارية ازداد الاحتمال في الحصول على حديد الزهر الرمادي ٠

وعند تجميد الحديد الزهر الرمادي يكون الجرافيت على شكل شرائط غير منتظمة كما ان استخدام المغنسيوم (Mg) او السيريوم (Ce) يؤدي الى تحول هذه الى كريات تحسن من خواص حديد الزهر الرمادي ويسمى هذا النوع من حديد الزهر بحديد الزهر ذو الجرافيت الكروي ٠

اما حديد الزهر الابيض والذي يكون فيه الكاربون متحدا مع الحديد وعلى شكل سيمنتيت فمن النادر استعماله بهذا الشكل وذلك لصلادته وقصافته العاليتين ويقتصر استخدامه بعد معاجته حراريا للحصول على الحديد الطروق ويقسم الحديد الطروق الى الحديد الطروق الاسود وحديد الطروق الابيض ويتم الحصول على النوع الاول بتسخين حديد الزهر الابيض بدرجة حرارة (٩٠٠°م) والمدة يوم او يومين ويبرد ببطيء (٣°) بالساعة ويكون محيط (جو) الفرن متعادل فعليه يتحول السمنتيت الى فريت والى جرافيت كروى اما اذا ازدادت سرعة التبريد عن السرعة المذكورة اعلاه فعندها يتحول السمنتيت الى جرافيت في وسط قاعدة من الفريت والبرليت ٠

وللحصول على النوع الثاني (الحديد الطروق الابيض) فيسخن حديد الزهر الابيض في درجة حرارة (٩٠٠°م) وبمحيط (جو) يحتوي على الاوكسجين ويضاف عادة خام الهمتيت والمحتوي على الاوكسجين لتوفير مثل هذا المحيط لمدة تتراوح بين (٢ـ٥) يوم ٠ولوجود الاوكسجين فان الكاربون يتأكسد

من سطح القطعة المسخنة والمتكونة من حديد الزهر الابيض ويترك هـــذا السطح محتويا على فريت أما في مركز القطعة المسخنة فيتحول السمنتيت الى فريت وبرليت وجرافيت كروي ٠

ويستعمل حديد الزهر الطروق على نطاق واسع في صناعة السـيارات والجرارات وعربات السكك الحديدية والالات الزراعية لصناعة الاجزاء المعقدة الشكل والمعرضة للصدمات(حيث ان وجودالكرافيت يساعد على امتصاصها)٠ الحديد الزهر الرمادي ذو الكرافيت الكروي الذي تتفوق خواصه الميكانيكية على خواص حديد الزهر الطروق والذي لا يحتاج لمدة طويلة لتلينه قد بـدا يحل محل الاخير في الكثير من الاستعمالات ٠

١ـ٢ انتاج المعادن غير الحديدية :

Production of Nonferrous Metals

من النادر استعمال المعادن غير الحديدية بشكلها النقي في الصناعة وذلك لضعف مقاومتها وتتمتع سبائكها بالكثير من الخواص التي تتميز بها عـــن المعادن الحديدية ، فمقاومتها للتآكل وسهولة تصنيعها وتوصيلها للكهربائيـة والحرارة تحتم الكثير من استعمالات سبائك هذه المعادن غير الحـــديدية في الصناعة ٠

ان معظم المعادن غير الحديدية تقاوم التأثيرات المختلفة للماء والبخار لذا فانه من الممكن استعمالها في المناطق المعرضة لمثل هذه التأثيرات بدون الحاجة الى تغليفها او صبغها ٠ وهذه المقاومة تختلف باختلاف انواع هذه المعادن ٠ ولكن من الممكن القول بأن المعادن غير الحديدية الثقيلة ، بصورة عامة ، تقاوم التآكل اكثر من المعادن غير الحديدية الخفيفة جدول (١ـ١) باستثناء الالومنيوم الذي يتأكسد بسرعة وهذا الاوكسيد يشكل طبقة خارجية تمنع المعـدن من الاتصال والتأثر بالظروف الجوية الخارجية ٠

جدول (١-١) اهم المعادن المستخدمة في الصناعة

المعدن (Metal)	رمزه (Symbol)	الكثافة النسبية (Relative) Density	درجة حرارة الانصهار Melting Point (C°)
الالمنيوم	Al (Aluminum)	$10^{3} \times 2.7$	660
البزموث	Bi (Bismuth)	$10^{3} \times 9.8$	271.3
الكادميوم	Cd (Cadmium)	$10^{3} \times 8.6$	320.9
الكروم	Cr (Cromium)	$10^{3} \times 7.1$	1890
الكوبلت	Co (Cobalt)	$10^{3} \times 8.9$	1490
النحاس	Cu (Copper)	$10^{3} \times 8.9$	1083
الذهب	Au (Gold)	$10^{3} \times 19.3$	1063
الحديد	Fe (Iion)	$10^{3} \times 7.9$	1535
الرصاص	Pb (Lead)	$10^{3} \times 11.3$	326.4
المغنسيوم	Mg (Magnesium)	$10^{3} \times 1.7$	651
الزئبق	Hg (Mercury)	$10^{3} \times 13.6$	388 -
النيكل	Ni (Nickel)	$10^{3} \times 8.9$	1458
البلاتين	Pt (Platinum)	$10^{3} \times 21.4$	1773
الفضة	Ag (Silver)	$10^{3} \times 10.5$	960
القصدير	Sn (Tin)	$10^{3} \times 7.3$	231.9
التيتانيوم	Ti (Titanium)	$10^{3} \times 4.5$	1725
التنجستن	W (Tungsten)	$10^{3} \times 19.3$	3410
الخارصين	Zn (Zinc)	$10^{3} \times 7.1$	419.5

جدول (1 - 1)

اهم المعادن المستعملة في الصناعة (رموزها وكثافتها النسبية ودرجة حرارة انصهارها)

والالومنيوم معروف بخفة وزنه واستعمالاته المتعددة في صناعة الطائرات وفي الاونة الاخيرة بدأ استعمال هذا المعدن يعم ويزداد ، واخذ يحل محل الكثير من المعادن في الصناعة من بينها الصلب . ان لون الالومنيوم والنحاس والرصاص وغيرها من المعادن غير الحديدية يتيح مرونة اكثر في اختيار اللون المناسب والملائم للمصنوعات حسب متطلبات استعمالها . كما ان التوصيل الحراري والكهربائي العاليان يعتبران خاصيتان آخريتان من الخواص التي تتفوق فيها المعادن غير الحديدية على الحديدية .

وتختلف المعادن غير الحديدية وسبائكها في قابليتها للحام والتشغيل . ولحام المعادن غير الحديدية اصعب من لحام المعادن الحديدية وتزداد هذه الصعوبة بانخفاض الوزن النوعي للمعدن . وقد يتم تشكيل سبيكة من سبائك احد المعادن الغير الحديدية على البارد ايضا . اما في عمليات التشغيل فان المعادن غير الحديدية الخفيفة اسهل تقبلا للتشغيل من الصلب مثلا او من المعادن غير الحديدية كالنيكل والتيتانيوم .

يلاحظ مما سبق ان المعادن غير الحديدية تتمتع ببعض الخواص التي تتفوق بها على المعادن الحديدية ولكنها تخفق في منافسة هذه الاخيرة في بعض الخواص الاخرى كما يلاحظ صعوبة تعميم خواص المعادن غير الحديدية وذلك لوجود شواذ لكل خاصية تقريبا . لذا فاننا سنكتفي بالقول بأن اختيار المعادن غير الحديدية لغرض صناعي ما ، يحتاج الى دراسة كافة خواص هذه المعادن على انفراد والتوفيق بين هذه الخواص لاختيار انسب معدن منها لاداء الغرض المنشود .

١-٢-١ تركيز خامات المعادن غير الحديدية : Concentration of Ores

ان معظم المعادن غير الحديدية لا توجد في خاماتها بالتركيز الذي يوجد فيه الحديد ، لذا فان هذه الخامات تركز لزيادة نسبة المعدن فيها قبل عملية الاستخلاص نظرا لصعوبة وارتفاع تكاليف استخلاصها من خاماتها بدون اجراء مثل هذه العملية .

يمكن تقسيم عمليات تركيز خامات المعادن غير الحديدية الى :

١ـ٢ـ١ـ١ التركيز بالجاذبية الارضية :

المعادن بصورة عامة اثقل من المواد العاطلة الموجودة في خاماتها ، وعلى هذه الحقيقة تعتمد طريقة التركيز بالجاذبية الارضية حيث يتم غسل الخامات بالماء في احواض فيترسب خام المعدن المركز اما المواد العاطلة فتطفو على السطح وبذا يتم فصل هذه المواد عن المعدن . وهنالك عدة وسائل لاجراء عملية التركيز هذه وجميعها تعتمد على نفس الاسس .

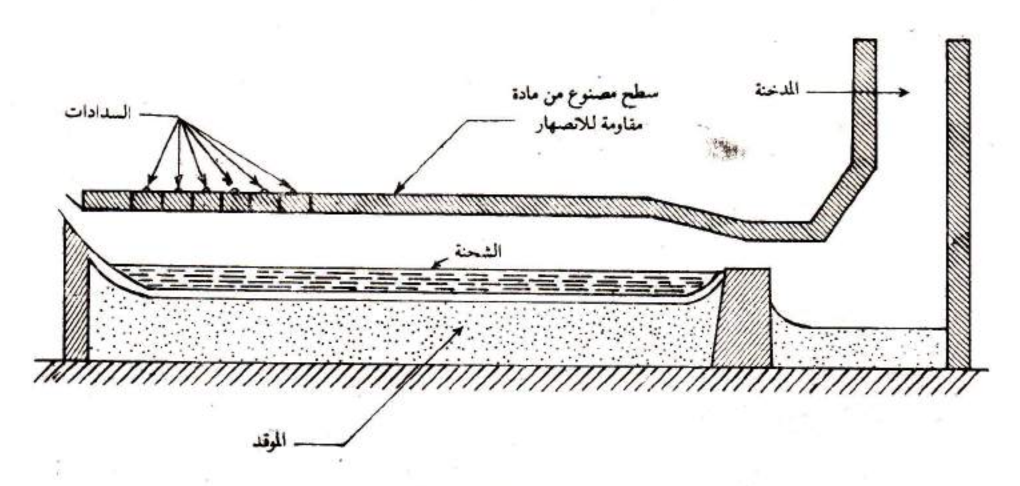
١ـ٢ـ١ـ٢ التركيز بالطفو الزيتي :

يفتت الخام قبل التركيز الى اجزاء صغيرة جدا ويمزج مع الماء في احواض تسمى باحواض الطفو ثم تضاف اليه كمية من احد الزيوت الخاصة ويرج الخليط رجا عنيفا ، فتتكون عندئذ طبقة على سطح السائل مشابهة للزبد ومشبعة بخام المعدن المركز ، حيث تقشط وتهيأ لعملية الاستخلاص (Smelting) .

١ـ٢ـ٢ـ افران استخلاص المعادن غير الحديدية : Smelting Furnaces

١ـ٢ـ٢ـ١ الفرن العاكس :

وهو ابسط انواع الافران المستعملة في استخلاص المعادن غير الحديدية ، ويتكون هذا الفرن من مرقد طويل وضيق شكل (١ـ٩) ويتم الشحن خلال سطح الفرن وذلك برفع بعض اجزاء من هذا السطح تدعى بالسدادات والخبث المتكون من اضافة المواد المساعده يشكل طبقة تطفو على سطح المعدن المصهور وتقلل بهذا احتمال التأكسد الشديد للمعدن .



شكل (١ـ٩) الفرن العاكس

ويستعمل في الوقت الحاضر الوقود الغازي او السائل لتجهيز **الحرارة** اللازمة لصهر الشحنة ، اما سعة هذه الافران فتتراوح بين (٥) الى (٥٠) طن لكل صهرة ·

١ـ٢ـ٢ـ٢ الفرن العالي :

هذا الفرن مشابه للفرن العالي المستعمل في انتاج الحديد **ولكنه اصغر** حجما منه · وشحنة الفرن تتكون من خامات المعادن الغير حديدية والوقود (يستعمل فحم الكوك عادة) والمواد المساعدة ·

وعند هبوط الشحنة خلال الفرن يحترق الوقود بتأثير الهواء ويختزل المعدن وينصهر حيث يتجمع في اسفل الفرن ، اما الخبث فيتجمع فوق سطح المعدن المصهور · ويستخرج المعدن والخبث من فتحات خاصة وبفترات متقطعة·

ومن الجدير بالذكر بان هنالك عملية اخرى تسمى بالتحميص تجري قبل عملية الاستخلاص للخامات المحتوية على نسبة عالية من الكبريت وذلك للتقليل

من نسبة هذا العنصر في الخام ولتحويل معظم الكبريتيدات الى اكاسيد وتتم هذه العملية في افران خاصة تسمى بأفران التحميص ٠

١ـ٢ـ٣ انتاج النحاس : Production of Copper.

توجد خامات النحاس في القشرة الارضية على شكل مركبـــات مختلفـــة كالاكاسيد والكاربونات والسليكات وغيرها ولكن اهم هذه الخامات هي التـي توجد على شكل كبريتدات ممزوجة مع كبريتيد الحديد ٠ تركز خامات النحاس الكبريتدية باحدى عمليات التركيز المشروحة سابقا ثم تحمص في افران خاصة شكل (١ـ١٠) وتنقل الى الفرن العالي او العاكس والمعدن المصهور المنتج بهذه الافران يسمى بالنحاس الصخري ويحتوي على نسبة عالية من الشوائب ، لذا فان النحاس الصخري يصب في محولات شبيهة بمحولات بسمر حيث تتـــم اكسدة معظم الشوائب الموجودة فيه وذلك بأمرار تيار من الهواء لفترة زمنية تتراوح بين (٤) الى (٥) ساعات وبعد عملية الاكسدة هذه يتحول المعـــدن المصهور الى النحاس المبثر الذي يحتوي على الشوائب وتتـــراوح بين ١ـ٢٪ ولغرض الحصول على نحاس بنقاوة أعلى يسبك المعدن المصهور الناتج عـــلى شكل الواح سميكة تغطس في أحواض التحليل الكهربائي المملوءة بمحـــلول كبريتات النحاس وتوصل بالقطب الموجب كما توصل بالقطب السالب صفائح رقيقة جدا من النحاس العالي النقاوة وعند امرار التيار ينتقـــل النحاس من القطب الموجب الى القطب لسالب حيث يصهر ويسبك على شكل كتل معدنيـة جاهزة للتشكيل والتحويل الى اسلاك وانابيب وغيرها من الاشكال الاخرى ٠

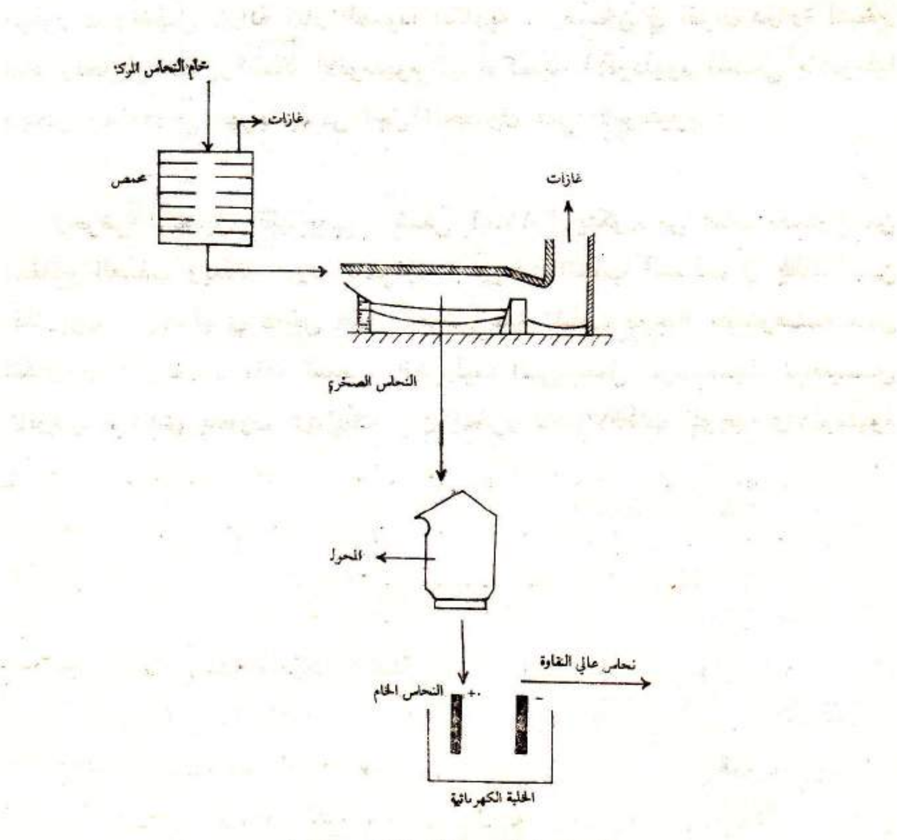
ان خواص النحاس الاساسية يمكن حصرها بما يلي :

- درجة حرارة الانصهار ١٠٨٣°م
- البنية الحيزية الشبكة الكعبة متمركزة الوجه
- الكثافة ٨٫٩٣ × ١٠^٣ كغم / م^٣

ـ معامل المرونة   ١٢٢٫٥ × ١٠^٩ نيوتن/م^٢
ـ مقاومة الشد   ٢٢٠ × ١٠^٦ نيوتن /م^٢
ـ مقاومة التآكل جيد جدا

بعض استعمالاته بالشكل النقي هي :

الاسلاك ، الاستعمالات لغرض الديكور ، الخزانات المستعملة في صناعة المواد الغذائية والمواد الكيمياوية ، الانابيب في المبادلات الحرارية ٠



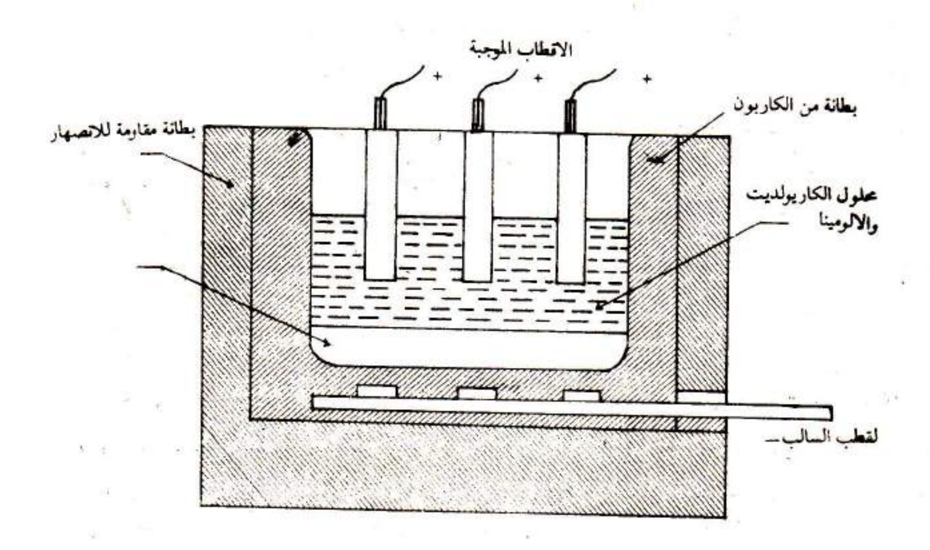
شكل (١ـ١٠) انتاج النحاس

٤ـ٢ـ٤ انتاج الالومنيوم : Production of Aluminium

اهم خامات الالومنيوم هي البوكسيت ، وهذه الخامات تحتوي بالدرجة الرئيسية على هيدروكسيد الالومنيوم وعلى الكثير من الشوائب كاوكسيد الحديد والسليكون والتيتانيوم وغيرها . ويسحق هذا الخام الى قطع صغيرة يمزج مع الصودا الكاوية في احواض كبيرة تحت ضغط ودرجة حرارة عالية فيذوب هيدروكسيد الالومنيوم في الصودا الكاوية اما الشوائب فتترسب الى القاع حيث يتم فصلها عن المحلول بواسطة مرشحات خاصة وعند تبريد المحلول يترسب هيدروكسيد الالومنيوم على شكل بلورات ، فتتجمع هذه البلورات وتغسل لازالة اثار الصودا الكاوية ، وتسخن في افران دوارة لتبخير الماء وتحويل هيدروكسيد الالومنيوم الى اوكسيد الالومنيوم المسمى بالالومنيا ويحلل هذا الاخير كهربائيا من اجل الحصول على الالومنيوم .

وحوض التحليل الكهربائي (شكل ١ـ١١) يتكون من غلاف مصنوع من صفائح الصلب وبطانة عازلة للحرارة . ويدفن القطب السالب في بطانة من الكاربون ، وتتدلى في داخل هذا الحوض عدة اقطاب موجبة مصنوعة من الكاربون . وتضاف مادة تسمى بالكروليت التي تعمل كوسيط لتحليل الالومنيا ، الذي يتحول الى اوكسجين يتحرر عند الاقطاب الموجبة والالومنيوم

يتجمع في قاع الحوض حيث يتم سحبه بين فترة واخرى ويسبك على شـــكل مسبوكات اولية جاهزة لعمليات التشكيل المختلفة ٠



شكل (١ــ١١) حوض التحليل الكهربائي لانتاج الالمنيوم

ان اهم خواص الالمنيوم :

درجة حرارة الانصهار	٦٦٠° م
البيئـــة الحيزية	الشبكة المكعبة المتمركزة الوجه
الكثـــــافة	٢ر٧٥ × $١٠^{٣}$ كغم/$م^{٣}$
معامل المرونة	٧٠ر٥ × $١٠^{٩}$ نيوتن/$م^{٢}$
مقاومة الشـــد	٤٥ × $١٠^{٦}$ نيوتن /$م^{٢}$
مقاومة التآكل	جيدة جدا

والالمنيوم يتمتع ببعض الخواص التي تجعله من المواد الهندسية المهمة ومقاومته للتآكل تجعله يستعمل في النقل الجوي والبري والبحري والالمنيوم النقي مقاومته واطئة ولكن بأضافة بعض عناصر السبك له تزداد مقاومته بشكل ملحوظ ٠

ومعامل المرونة للالمنيوم يساوي (١/٣) (ثلث) معامل المرونة للصلب ولكن معامل المرونة النسبي (معامل المرونة/الوزن النوعي) يتساوى تقريبا مع معامل المرونة النسبي للصلب ٠ وكمعظم المعادن ذات الشبكة المكعبة المتمركزة الوجه من السهل تشكيل الالمنيوم بالضغط وبطرق مختلفة وتوصيله الكهربائي الجيد يؤهله للاستعمال في الكثير من الصناعات الكهربائية ٠

وللالمنيوم ميل شديد للاتحاد بالاوكسجين مكونا بذلك طبقة من الاوكسيد تغطى سمكها بضعة ذرات تحمي ما تحتها من معدن ومقاومة الالمنيوم للتآكل سببه وجود هذه الطبقة ذات الصلادة العالية بالمقارنة بصلادة الالمنيوم النقي (والذي يحتوي عادةعلى ٩٩٫٥٪ المنيوم اواكثر) وهو لين جدا واستعمالاته تنحصر في استخدامه كبطانة مانعة للتأكل في خزانات الماء والحليب وفي صناعة المواد الغذائية والكيمياوية ٠ وما يسمى بالالمنيوم النقي تجاريا في الصناعة عبارة عن سبيكة من الالمنيوم والحديد (٩٩٫٥٪ المنيوم و٠٫٥٪ حديد) واضافة كمية قليلة من الحديد للالمنيوم يزيد من مقاومته بشكل ملحوظ ولكن يرافق هذا بالطبع انخفاض في قابليته للتشكيل وكذلك في مقاومته للتآكل ويستعمل هذا النوع من الالمنيوم (سبيكة الالمنيوم والحديد) في انتاج الاسلاك والقضبان وكذلك في ادوات الطبخ وفي حواجز الطرق ٠٠٠ الخ ٠

١ـ٢ـ٥ انتاج الرصاص : Production of Lead

طريقة انتاج الرصاص ، طريقة محددة ومتشعبة حيث يتم الحصول على الكثير من المعادن الاخرى كمنتجات جانبية ٠ واهم الخامات المستعملة لانتاج الرصاص تحتوي على نسبة عالية من كبريتيد الرصاص بالاضافة الى عناصر

اخرى ، ويركز الخام بطريقة الجذب الارضي ثم يحمص وينقل الى الفرن العالي حيث يتم استخلاص الرصاص مع عناصر اخرى موجودة في الخام اصلا كالذهب والفضة والنحاس والانتيمون والزرنيخ . وتتم اكسدة الزرنيخ والانتيمون ومعظم النحاس وذلك بنفخ الهواء خلال الرصاص المصهور في افران عاكسة ثم ينقل الرصاص الى غلايات خاصة حيث يضاف الخارصين . وهذا الاخير لا يذوب في الرصاص بل ينصهر ويطفو على السطح مشكلا طبقة يتجمع فيها الذهب والفضة وما تبقى من النحاس وتقشط هذه الطبقة من الخارصين للحصول على الذهب والفضة منها بطرق خاصة .

اما الرصاص المتبقي فيسبك على شكل صفائح سميكة وينقى كهربائيا بطريقة مشابهة تماما لتنقية النحاس كهربائيا والمشروحة سابقا .

ومن اهم خواص الرصاص ما يأتي :

درجة حرارة الانصهار	٣٢٧° م
البنية الحيزية	الشبكة المكعبة المتمركزة الوجه
الكثافة	١١٫٣٤ × ١٠^٣ كغم/م^٣
معامل المرونة	١٦٫٥ × ١٠^٩ نيوتن /م^٢
مقاومة التآكل	جيدة جدا

والرصاص هو احد المعادن المستخدمة من قبل الانسان منذ فترة تزيد على (٤٠٠٠) سنة . وهو من المعادن اللينة وقابل للطرق .

وكما ذكرنا اعلاه فان مقاومته للتآكل الكيماوي جيدة جدا فعليه فان الرصاص قد استخدم على ضوء الصفات المذكورة في انابيب المياه سابقا وكذلك يستخدم كمعدن لدرع الاشعاعات وبالرغم من ان الكثير من السبائك او المعادن قد حلت محل الرصاص في استخداماته في انابيب المياه الا انه لا يزال يستخدم بكثرة كمعدن اساس للكثير من السبائك واهم هذه السبائك هي سبائكه مع القصدير والانتمون .

وتستخدم سبائك الرصاص والقصدير في وصل المعادن بالقصـــــدير (بالسمكرة) كما سيتم شرحه في فصل لاحق من هذا الكتاب ٠

وتستعمل هذه الطريقة من وصل المعادن لوصل الصفائح المعدنية في صناعة المعلبات او وصل الانابيب المعدنية اما سبائك الرصاص والانتمون والقصـــدير فتستخدم لصنع حروب الطباعة وكذلك في صنع كراسي التحميل (المحامل) ٠

ـ اسـئلة ـ

س١ : لماذا تعتبر الارض الاصل في المواد الهندسية ؟ وضح اجابتك بالامثلة ٠

س٢ : كيف استخدم الانسان الحديد ؟ وما هي اهم خاماته ؟ اذكر نسب تركيز الحديد في هذه الخامات ٠

س٣ : كيف يتم انتاج الحديد الغفل ؟ ولماذا يعتبر المصدر الرئيسي للمـواد الحديدية ؟

س٤ : ارسم الفرن العالي وبين اهم اجزائه ٠ ما هي مكونات شحنه ونواتج هذا الفـرن ؟

س٥ : اشرح احد طرق انتاج الصلب مستعينا بالرسم ٠

س٦ : ما هي الفروق بين محول بسمر وفرن سيمينز ـ مارتن ؟

س٧ : ما هو الحديد الزهر ؟ وكيف يتم انتاجه ؟ اشرح ذلك مسعينا بالرسم ٠

س٨ : ما المقصود بالمسبوكات الاولية ؟ وكيف يتم انتاجها ؟

س٩ : ما المقصود بالصلب ؟ عدد اهم انواعه ٠

س١٠ : عدد اهم انواع واستعمالات الحديد الزهر ٠

س١١ : اذكر درجة حرارة انصهار المعادن التالية :

أ ـ الالمنيوم　　ب ـ النحاس　　ج ـ الرصاص

س١٢ : اذكر طرق تركيز خامات المعادن غير الحديدية واشرح واحدة منها ٠

س١٣ : اشرح مستعينا بالرسم طريقة انتاج احد المعادن التالية :

أ ـ النحـاس　　ب ـ الالمنيوم

س١٤ : عدد اهم سبائك احد المعادن التالية

أ ـ النحـاس　　ب ـ الالمنيوم　　ج ـ الرصاص

س١٥ : عدد اهم استعمالات احد المعادن التالية :

أ ـ النحاس　　ب ـ الالمنيوم　　ج ـ الرصاص

س١٦ : عدد اهم استعمالات سبائك احد المعادن التالية :

أ ـ النحاس ب ـ الالمنيوم ج ـ الرصاص

س١٧ : ما هي اهم خواص احد المعادن التالية :

أ ـ النحــاس ب ـ الالمنيوم ج ـ الرصاص

س١٨ : اشرح طريقة انتاج الرصاص وما هي المعادن الاخرى التي تنتج جانبيا باستعمال هذه الطريقة ·

الفصـــل الثـــاني

(الخواص الفيزياوية والميكانيكية للمعادن)

Physical and Mechanical Properties of Metals.

الفصل الثاني

(الخواص الفيزياوية والميكانيكية للمعادن)

Physical and Mechanical Properties of M etals

ان الخواص الفيزياوية والميكانيكية للمواد الهندسية تحدد مدى صلاحية هذه المواد لعمليات الانتاج التشغيلية والتشكيلية . كما ان معرفة هـــذه الخواص وامكانية قياسها تلعب دورا كبيرا في اختيار المواد الملائمة لاغرض معينة وفي التغلب على المشاكل التي قد تنتج خلال تشغيل هذه المواد وتشكيلهـا . ولعل الخواص الميكانيكية للمعادن تشكل الجزء الاهم من هذه الخواص .

لذا فاننا سوف نتطرق بشيء من التفصيل الى هذه الخواص .

ان اهم الخواص التي تميز المعادن عن غيرها من المواد الهندسية هي :

١ ـ البنية البلورية او الحبيبية .

٢ ـ التوصيل الحراري والكهربائي الجيدين .

٣ ـ القابلية على التشكيل او التشويه اللدن .

٤ ـ التمدد والتقلص الحراريين .

٢ـ١ الخواص الفيزياوية للمعادن :

١ـ الربط المعدني والبنية البلورية او الحبيبية :
Metallic Bond and Grain Structure.

يمتاز الربط المعدني عن الربط في المواد الاخرى ، بان الكترونات التكافؤ (الالكترونات على الحلقة الخارجية للذرة) سوف تنفصل عن ذراتها وتكـون ما يسمى بالسحابة الالكترونيـــة التي تحيط بالـــذرات الموجبة الشـــحنة (الايونات) .

وتنتظم هذه الايونات بشكل هندسي ثابت ومعين ويتم الربط بينهــــا بواسطة قوة الجذب بين الايونات الموجبة الشحنة والسحابة الالكترونية السالبة الشحنة ، الشكل (٢ـ١) .

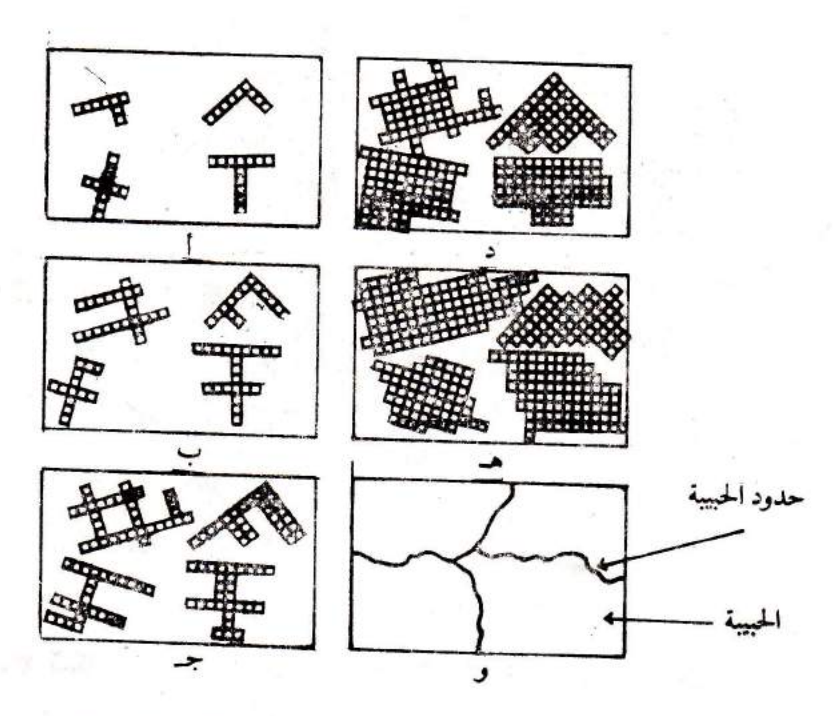


شكل (٢-١) الربط المعدني

ان قابلية الالكترونات على الحركة الحرة هي التي تعلل التوصيل الحراري والكهربائي الجيدين للمعادن (الفلزات بصورة خاصة) كما انها تعلل الخواص الميكانيكية مثل المرونة واللدونة والمطيلية ·

الشبكة الحيزية او الفراغية والبنية البلورية للمعادن النقية :

تنتظم ذرات المعادن عند تحولها من الحالة السائلة الى الحالة الجامدة (الصلبة) بشكل هندسي ذي ابعاد وزوايا معينة تسمى بالشبكة أو البنية الحيزية ، وتبدأ عملية الاخماد بتكوين النواة او الخلية الاحادية او تكوين عدد من هذه النوايات في مناطق مختلفة من السائل ، التي تتكون كل منها من عدد معين من ذرات المعدن · ثم تنمو هذه النوايات بتراكم الذرات عليها محافظة على نفس الشكل الهندسي للنواة الاولية وفي الاتجاهات المختلفة ، مكونة الحبيبية او البلورة ، وتتوقف عملية النمو عندما تصطدم الحبيبات النامية مع بعضها · وتسمى المناطق التي تنحصر بين الحبيبات وتحيط بها بحدود الحبيبية او البلورة ، الشكل (٢-٢) ·



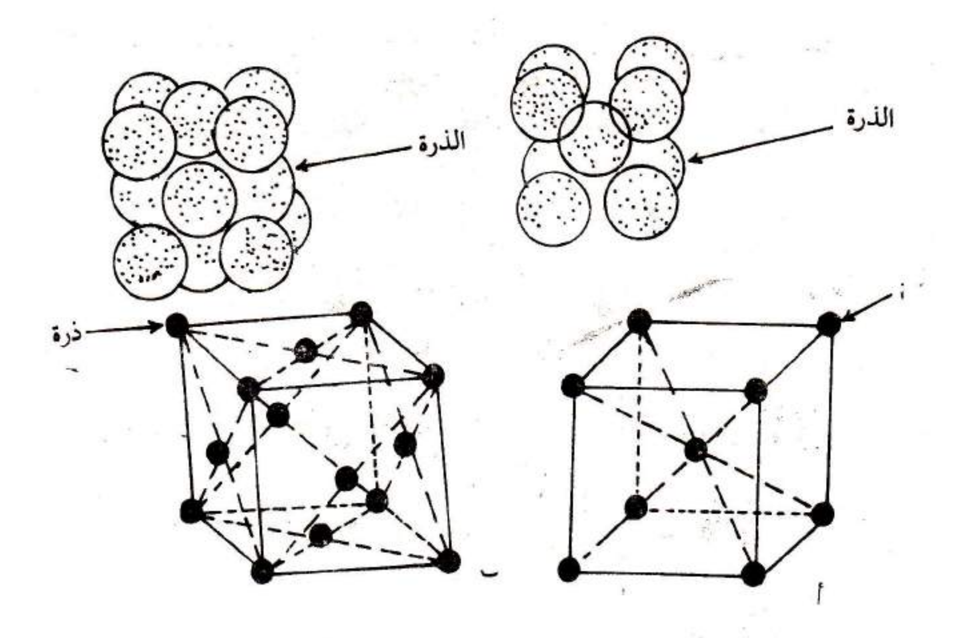
شكل (٢ـ٢) تكوين النواة ، نموها وتكوين الحبيبة

ان اهم الشبكات الحيزية واكثرها انتشارا في المعادن هي :

١ـ البنية ا والشبكة الحيزية المكعبة والتمركزة الجسم :
Body-centered Cubic,

تتكون هذه البنية او الشبكة من جسم مكعب تستقر في كل ركن من اركانه ذرة واحدة ، بالاضافة الى ذرة اخرى في مركز المكعب · فيكون بذلك مجموع عدد الذرات ، التي تكون الخلية الاحادية او النواة ، تساوي (٩) ذرات · ومن المعادن التي تتجمد على هذا النمط لفولاذ و الصلب في درجة حرارة الغرفة والى درجة (٧٢٣°م) والكروم والفناديوم والتنجستن ·

شكل (٢ـ١٣أ) يبين هذه البنية الحيزية · تمتاز المعادن ذات الشبكة الحيزية المكعبة والمتمركزة الجسم بمقاومة خضوع اعلى من المعادن ذات الشبكات الحيزية المكعبة والمتمركزة الاوجه ، الا انها تكون اقل مطيلية من الاخيرة ·



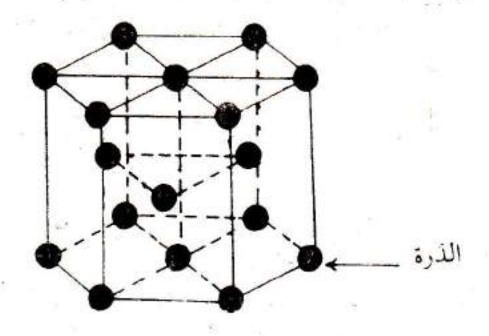
شكل (٢–٣) (أ) الشبكة الحيزية المكعبة والمتمركزة الجسم
و (ب) الشبكة الحيزية المكعبة والمتمركزة الاوجه

٢ـ الشبكة الحيزية المكعبة والمتمركزة الاوجه: Face - centered Cubic.

وتنتظم الذرات في هذه الشبكة بحيث تستقر ذرة واحدة في كل ركن من أركان المكعب ، بالاضافة الى ذرة اضافية في وسط كل وجه من اوجه المكعب الستة . اي ان مجموع عدد الذرات في هذه الشبكة ، يساوي (١٤) ذرة . النحاس والرصاص والالمنيوم والنيكل ، هي امثلة على المعادن التي تتجمد على هذا النمط . الشكل (٢–٣ب) يبين هذه الشبكة الحيزية .

٣ ـ الشبكة الحيزية السداسية والمتراصة الذرات :
Hexagonal Close. packed.

الشكل (٢–٤) يبين الشبكة الحيزية السداسية والمتراصة الذرات .



شكل (٢ـ٤) الشبكة الحيزية السداسية والمتراصة الذرات

وتتكون هذه الشبكة من وجهين سداسيين علوي وسفلي متصلين باوجه جانبية مستطيلة الشكل • وتستقر ذرة واحدة في كل ركن من اركان هذا الشكل الهندسي ، وذرة اخرى تتمركز في كل من الوجهين السداسيين • بالاضافة الى ذلك ، هنالك ثلاث ذرات تنتظم على اركان مثلث متساوي الاضلاع يقع وسط الوجهين العلوي والسفلي • مجموع عدد الذرات يساوي (١٧) ذرة • الشكل (٢ـ٤) ومن الامثلة على هذه البنية معادن المغنسيوم والخارصين والكادميوم • بملاحظة الشكل (٢ـ٤) يتضح ان انزلاق طبقات من الذرات الواحدة فوق الاخرى ليس سهلا ، لذا فان هذه المعادن تكون ذات لدونة ومطيلية اقل من المعادن ذات الشبكات الحيزية المكعبة •

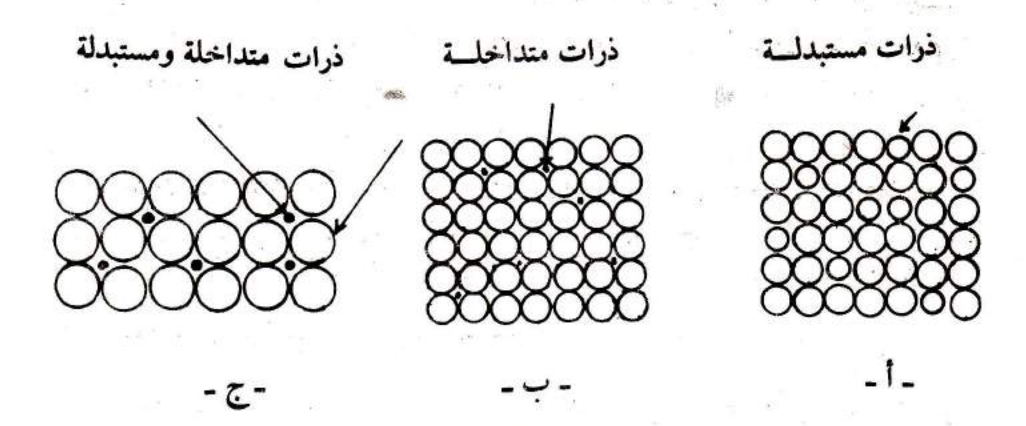
الشبكات الحيزية للسبائك المعدنية : Space Lattices of Alloys.

عند تسخين معدنين الى درجة انصهارهما او فوق هذه الدرجة فانها تتحول عادة بعد الانجماد الى مايسمى بالسبيكة • اذا كان المعدنان يقبلان الذوبان في بعضهما البعض فان السبيكة الناتجة تسمى بالمحلول الجامد • بعض المعادن لا تقبل الذوبان في بعضهما البعض لذا فأنها لا تكون سبيكة بالمعنى اعلاه ، وانما ينفصل المعدنان عن بعضهما بعد الانجماد مكونين خليطا او مزيجا منهما يسمى بالخليط او المزيج الميكانيكي ،(على سبيل المثال الالمنيوم والرصاص)•

هنالك انواع من المحاليل الجامدة ، وهي تعتمد في تكوينها على خـــواص المعادن المشتركة في تكوين السبيكة وهذه المحاليل هي :

١ـ المحلول الجامد الاستبدالي : Substitutional Solid Solution.

وهو محلول جامد من معدنين يمتازان بكون ذراتهما متقاربة في الحجم ، بحيث انه يصبح بالامكان احلال ذرة العنصر المذاب محل ذرة العنصر المذيب في البنية الحيزية للمعدن المذيب ، ولكونها متقاربة الحجم فان هذه الـــذرات لاتستطيع الاستقرار في الفراغات الموجودة بين ذرات المذيب • شكل (٢ـ٥أ) يبين هذا النوع من المحلول الجامد • ومن العناصر التي تتصرف مثل هـــذا التصرف المعدنان النحاس والنيكل • ومن الضروري توفر شروط اخرى للحصول على مثل هذه المحاليل الجامدة مثل التشابه في الشبكات الحيزيـــة للمعدنين وخواصهما الكيماوية •



شكل (٢ـ٥) (أ) المحلول الجامد الاستبدالي
(ب) المحلول الجامد التداخلي
(جـ) المحلول الجامد المشترك

٢ـ المحلول الجامد التداخلي : Interstitial Solid Solution.

ويتكون هذا المحلول الجامد عندما تكون ذرات العنصر المذاب اصغر بكثير من ذرات العنصر المذيب ، بحيث انها تستطيع التداخل والاستقرار في الفراغات الموجودة بين ذرات العنصر المذيب · شكل (٢ـ٥ب) ، ومن اكثر الذرات قابلية على التداخل او التغلغل بين ذرات المعادن الاخرى (الحديد على سبيل المثال)، هي ذرات الكربون والنتروجين والاوكسجين ويعتبر الصلب او الفولاذ من الامثلة الهامة على المحاليل الجامدة التداخلية حيث تستقر ذرات الكربون في الفراغات بين ذرات الحديد ذي الشبكة الحيزية المكعبة · وتكون هذه المحاليل اقل شيوعا من النوع الاول ·

٣ـ المحلول الجامد المشترك :

وهو المحلول الجامد الذي يجمع بين النوعين المذكورين اعلاه · ومن الجلي ان هذه المحاليل سوف تجمع ميزات النوعين الاخرين من المحاليل · المحلول الجامد المشترك يظهر في شكل (٢ـ٥ج) ·

ومن اهم الامثلة على هذا النوع هي محاليل الصلب السبائكي الحاوي على العناصر مثل الالمنيوم والنحاس والنيكل بالاضافة الى الكربون ·

٢ـ٢ الخواص الميكانيكية للمواد المعدنية :

ان اهمية التعرف على الخواص الميكانيكية لمادة معدنية تبرز من خلال انها هي التي تقرر مدى صلاحية هذه القطعة للاستعمال لغرض معين · وفيما يخص عمليات الانتاج التشكيلية والتشغيلية ، فان معرفة هذه الخواص تساعد على الاختيار السليم لطريقة التشكيل او التشغيل المناسبة ، بالاضافة الى انها تمكننا من اختيار المعاملات او المعالجات الملائمة والتي تساعد على التحكم او السيطرة على هذه الخواص ·

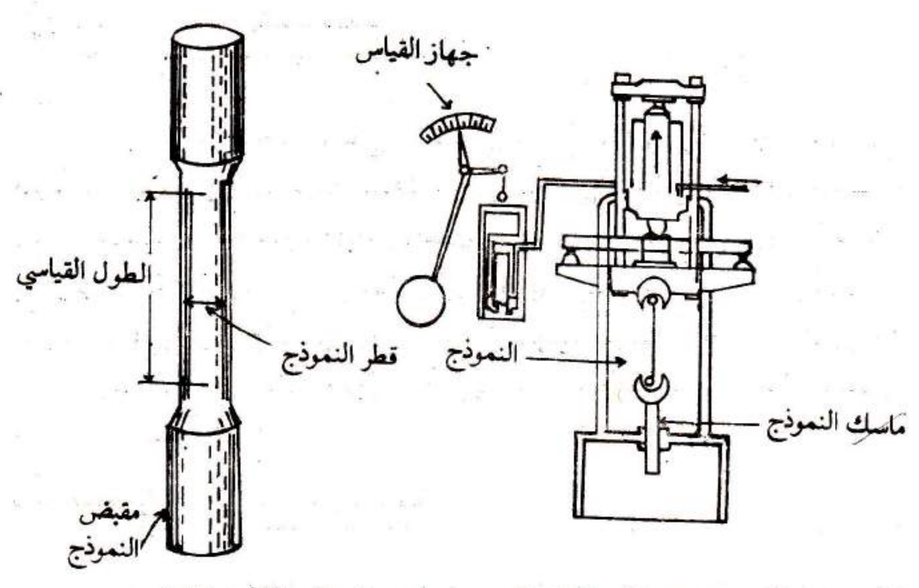
هنالك اساليب مختلفة لقياس الخواص الميكانيكية ، اي التعبير عنها بأرقام او نسب عددية . وبالامكان قياس معظم هذه الخواص . ومن الامثلة على الخواص الميكانيكية التي لايمكن قياسها او التعبير عنها بدقة هي خاصية قابلية التشغيل . وينتج ذلك بسبب تداخل العوامل التي تلعب دورا في تحديد قابلية تشغيل مادة معدنية معينة . فيما يلي سوف نشرح بشيء من التفصيل الاساليب المتبعة لقياس الخواص الميكانيكية ذات الاهمية في المجال الهندسي مع اعطاء التعاريف المناسبة لكل خاصية من هذه الخواص .

١ـ اختبار الشد : Tensile Test

المقاومة عبارة عن قابلية المعدن على مقاومة التغيير في الشكل والحجم بتأثير قوى او جهود خارجية . ويعبر عن القوة بالجهد ، وهو عبارة عن القوة المسلطة على مساحة مقطع نموذج معدني ذي ابعاد معينة .

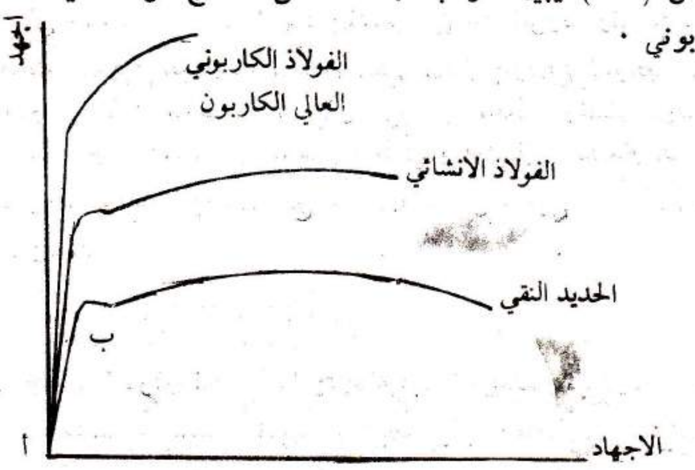
بينما يعبر عن التغيير الناتج في الشكل بالاجهاد . على سبيل المثال الزيادة الحاصلة في طول النموذج (الاستطالة) الذي يتعرض الى الشد او السحب .

ولغرض قياس مقاومة معدن معين مع خواص اخرى تتعلق بها ، يستعمل جهاز الشد المبين في الشكل رقم (٢ـ٦أ) ، الذي يقوم بشد او سحب نموذج معدني ذو ابعاد معينة ومعروفة (النموذج يكون عادة دائري المقطع طوله يساوي ٤ اضعاف جذر مساحة مقطع النموذج حسب المواصفات البريطانية) . الشكل (٢ـ٦ب) .



شكل (٢-٦) (أ) جهاز الشد • (ب) نموذج الشد القياسي

يستمر شد النموذج على هذا الجهاز بتسليط اوزان او جهود تصاعدية عليه الى ان ينكسر او يفشل • ويزود الجهاز عادة بمعدات تقوم بتسجيل الجهد المسلط والاجهاد الناتج على شكل مخطط او منحنى بياني يبين العلاقة بينهما ، بالاضافة الى الكثير من المعلومات التي يمكن استنتاجها من المنحنى نفسه • الشكل (٢-٧) يبين نموذجا لهذا المنحنى لنماذج من الحديد النقي والصلب الكربوني •



شكل (٢-٧) منحنى او مخطط الجهد للحديد النقي ولبعض سبائك الحديد والكربون

المرونـــة : Elasticity

هي عبارة عن الاجهاد الناتج في نموذج معدني معين وبتأثير جهد معـين ، بحيث انه يزول بزوال الجهد المسلط على النموذج ، الذي يعود الى حجمـه وشكله الاصليين . وتكون قابلية المعادن على الاجهاد المرن محدودة ، وتتحدد بما يسمى بحد المرونة ، وهو اقصى جهد يتحمله المعدن ، شرط ان يكـون الاجهاد الناتج مرنا اي وقتيا ويزول بزوال الجهد المسلط وبالامكان تمييز حد المرونة بسهولة على منحنى الجهد والاجهاد ، اذ انه عبارة عن الخط المستقيم أ ــ ب ، الشكل (٢ــ٧) .

نقطة الخضوع : Yield point

وهي عبارة عن نقطة تقع فوق حد المرونة وتمثل في الواقع نقطة الانتقال من خاصية المرونة الى خاصية اللدونة . (النقطة جـ في الشكل ٢ــ٧) .

اللدونـــة : Plasticity:

عبارة عن الاجهاد اللدن او الدائمي الذي ينتج نتيجة تحميل المعدن بجهد يفوق حد المرونة . وهي من الخواص الميكانيكية المهمة ، حيث انها تحدد مدى تقبل معدن معين للتشكيل الميكانيكي بأساليب التشكيل المختلفة . ويتمثـل نطاق اللدونة على منحنى الجهد والاجهاد بالمنطقة من حد المرونة والى نهـاية المنحنى . ويحدث الاجهاد اللدن في المعادن التي تمتاز بارتفاع لدونتها عـلى مرحلتين (أ) الاجهاد اللدن المنتظم ، الذي يتوزع على القطعة بكاملها وبصورة متجانسة ، و (ب) الاجهاد اللدن غير المنتظم ، الذي يحدث قبل انكسار النموذج مباشرة ، حيث يحصل تخصر في النموذج ، اي انخفاض مفاجيء في مسـاحة مقطعة في جزء معين منه .

مقاومة الشـد : Ultimate Strength

اقصى جهد يمكن للنموذج المعدني ان يتحمله قبل ان ينكسر مباشرة ، يسمى بمقاومة الشد . وتتمثل في منحنى الجهد والاجهاد باعلى نقطة فيه ، وتسمى احيانا بالمقاومة القصوى . النقطة (د) في الشكل (٢ــ٧) . حيث ان النموذج سوف يتخصر بعد هذه النقطة مباشرة وينكسر او يفشل .

المطيليـة : Ductility

هي قابلية المعدن على تقبل الاجهاد اللدن او الدائمي تحت تأثير قوى او جهود شد او سحب دون ان ينكسر . وتقاس المطيلية بواسطة اختبار الشد . وهي تتمثل بمقدار الاستطالة النسبية الحاصلة في طول النموذج المعدني او بمقدار الانخفاض النسبي الحاصل في مساحة مقطعة بعد الكسر نتيجة للشد او السحب . وتحتسب المطيلية بالنسب المئوية استنادا على المعادلتين ادناه :

$$\text{١ ـ الاستطالة (٪)} = \frac{\text{ط٢} - \text{ط١}}{\text{ط١}} \times ١٠٠$$

$$\text{٢ ـ الانخفاض في مساحة المقطع (٪)} = \frac{\text{م١} - \text{م٢}}{\text{م١}} \times ١٠٠$$

حيث ، ط١ = الطول الاصلي للنموذج ، ط٢ = الطول النهائي بعد الكسر .

م١ = المساحة الاصلية لمقطع النموذج .

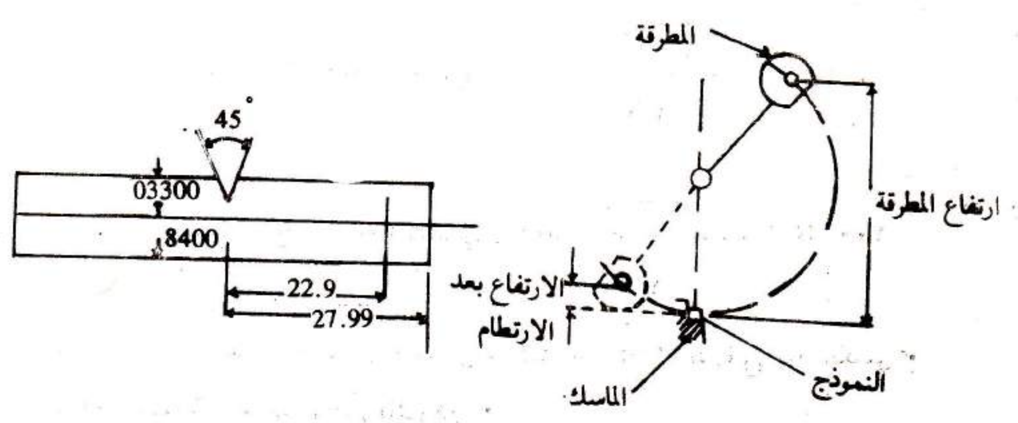
م٢ = المساحة النهائية بعد الكسر .

٢ـ اختبار المتانة والتقصف : Impact Test

المتانة او مقاومة الصدمة ، تعني قابلية المعدن على مقاومة الكسر او الفشل بتأثير قوة صدمية تؤثر بصورة فجائية على نموذج معدني ذو قياسات معينة .

الجهاز المستعمل لقياس هذه الخاصية هو جهاز آيزود او جهاز شاربي وسوف تقتصر هنا على شرح اسلوب القياس بالجهاز الاول ، نظرا لانتشار استعماله سواء في المصانع او المختبرات ، بالاضافة الى انه ليست هنالك اختلافات جذرية بين الاسلوبين . الشكل (٢ـ١٨) يبين رسما تخطيطيا لهذا الجهاز مع النموذج المستعمل . يستعمل جهاز ايزود نموذجا معدنيا دائري المقطع بقطر يساوي (١١ر٣٤) ملم وطول اجمالي مقداره (١٢٧) ملم . ويحتوي

النموذج على ثلاثة حزوز موزعة بطريقة تغطى قطر النموذج وفي الاتجاهات المختلفة ٠ ويقوم الحز مقام رافع للجهود يسهل عملية كسر النموذج ، ومن هنا مصطلح متانة الحز الذي يستعمل احيانا بدلا من المتانة ٠ (المواصفات البريطانية) ٠ يثبت النموذج في مثبت (ملزمة) في قاعدة الجهاز ، بحيث ان مستوى الحز يكون في مستوى سطح المثبت ٠ ثم تطلق على النموذج مطرقة بوزن (٥٠) كغم من ارتفاع معين ، بحيث ان الطاقة الحركية للمطرقة عند الاصطدام بالنموذج تساوي حوالي (١٦) كغم٠م ٠



شكل (٢ـ٨) (أ) جهاز ايزود لقياس المتانة والمقاومة الصدمية

(ب) نموذج قياسي لاختبار المتانة

تصطدم المطرقة بالنموذج فتكسره ، وترتفع من الجهة الثانية الى ارتفاع يتناسب مع مقدار الطاقة المبذولة لكسر النموذج ٠ ويقوم مؤشر يتحرك مع المطرقة بقياس مقدار الطاقة الممتصة من قبل النموذج بعد الكسر ، بوحدات كغم٠م ٠

المعادن المتينة او ذات المقاومة الجيدة للصدمة ، تمتص مقدارا اكبر من الطاقة مما تفعله المعادن القصفة ٠ المعادن القصفة هي المعادن التي لاتتقبل الاجهاد اللدن عند تحميلها بالاوزان او بالاحمال ، بل انها تتكسر دون ان يحصل فيها اي اجهاد لدن ٠ من الامثلة المعروفة على المعادن والسبائك القصفة ، هو الحديد الزهر الابيض ٠

٣ـ اختبار الصلادة : Hardness Test.

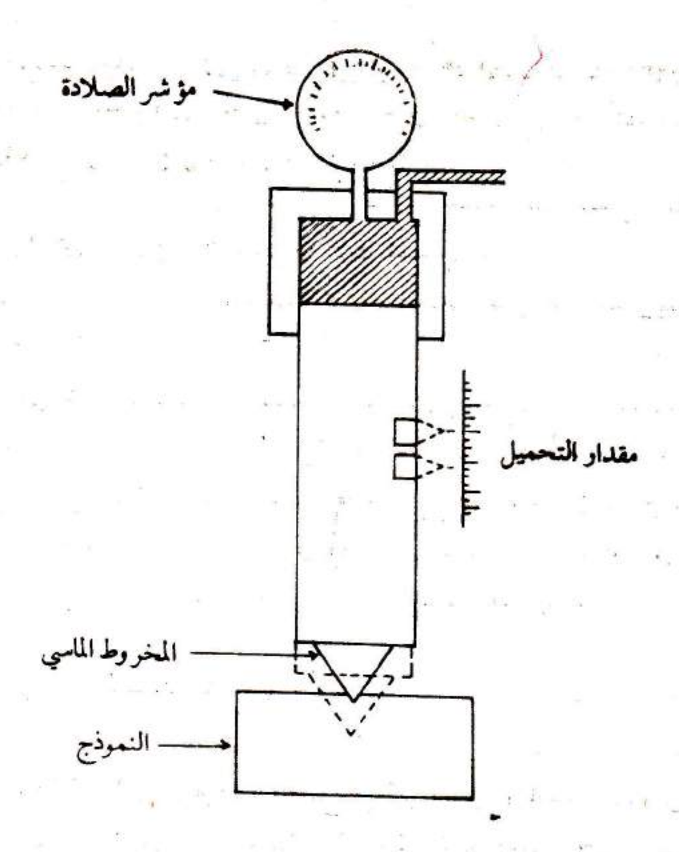
ان افضل تعريف هو انها عبارة عن مقاومة المعدن ضد القطع والتشكيل والتخدش والاختراق من قبل عدد او آلات اصلد منه .
ويلاحظ ان طرق قياس الصلادة تعتمد اساسا على هذا التعريف .

هناك اجهزة متعددة لقياس الصلادة تتباين في مجالات استعمالاتها فمنها الذي يستعمل للقطع السميكة او للقطع الرقيقة او كليهما معا . ومنها الذي يستعمل في موقع العمل ويمتاز بصغر حجمه وامكانية نقله من موقع الى اخر . وتستعمل انواع خاصة من هذه الاجهزة لقياس صلادة المنتوجات المنجزة ،حيث انها لا تترك اثرا ظاهرا يضر بالمظهر الخارجي لهذه المنتوجات .

أ ـ جهاز روكويل لقياس الصلادة :

يعتمد هذا الجهاز في قياس الصلادة على اختراق القطعة المراد قياس صلادتها بواسطة كرة فولاذية مصلدة وصغيرة (بقطر يسوي حوالي ٨ر٠ ملم ، وقد تستعمل كرات بأقطار اصغر) مثبتة في حامل .

وتضغط على سطح القطعة بوزن اجمالي مقداره (١٠٠) كغم . ثم يصار الى قياس عمق الاختراق او الاثر الذي تتركه الكرة على سطح القطعة . ومن الواضح ان عمق هذا الاثر يعتمد على مدى مقاومة المعدن للاختراق بواسطة الكرة الفولاذية . ولقياس صلادة المعادن التي تكون اصلد من الكرة الفولاذية نفسها يستعمل مخروط ماسي صغير ووزن اجمالي مقداره (١٥٠) كغم . ويتبع نفس الاسلوب اعلاه لقياس الصلادة ، الشكل (٢ـ٩) يبين جهاز روكويل لقياس الصلادة .



شكل (٢ــ٩) جهاز روكويل لقياس الصلادة

ب ــ جهاز برينيل لقياس الصلادة :

طريقة برينيل لقياس الصلادة تشبه طريقة روكويل الى حد بعيد حيث انها تعتمد على ضغط كرة فولاذية مصلدة بقطر (١٠) ملم بوزن يساوي (٣٠٠٠) كغم بالنسبة للمعادن الحديدية و (٥٠٠) كغم بالنسبة للمعادن اللا حديدية · ويستمر ضغط الكرة لمدة (١٠) ثواني بالنسبية للاولى و (٣٠) ثانية بالنسبة للاخيرة · ثم يصار الى قياس قطر الاثر الدائري الذي تتركه الكرة على سطح المعدن بالمليمترات ، وباستعمال جداول خاصة يمكن استنتاج صلادة برينيل للمعادن · حيث ان قطر الاثر الدائرى يعتمد على مدى مقاومة المعدن للاختراق بواسطة الكرة الفولاذية وتحت وزن معين ·

ان تصميم جهاز برينيل يساعد على استعماله لقياس صلادة القطع الكبيرة الحجم نسبيا ، بالاضافة الى اتساع نطاق القياسات الممكن اجراؤها ، نظرا للاوزان الكبيرة نسبيا المستعملة في هذا الجهاز ٠

ج ـ جهاز فيكرز لقياس الصلادة :

يستعمل في هذا الجهاز هرم ماسي ذو قاعدة مربعة الشكل وزاوية مقدارها (١٣٦°) بين كل وجهين متقابلين من اوجه المربع ٠

الوزن المستعمل يتراوح بين (١ـ١٢٠) كغم ٠ وتجري عملية قياس الصلادة بقياس طول الوتر الواصل بين ركني الاثر المربع الشكل والذي يتركه الهرم الماسي على سطح القطعة المعدنية بعد الضغط عليه بوزن معين ٠

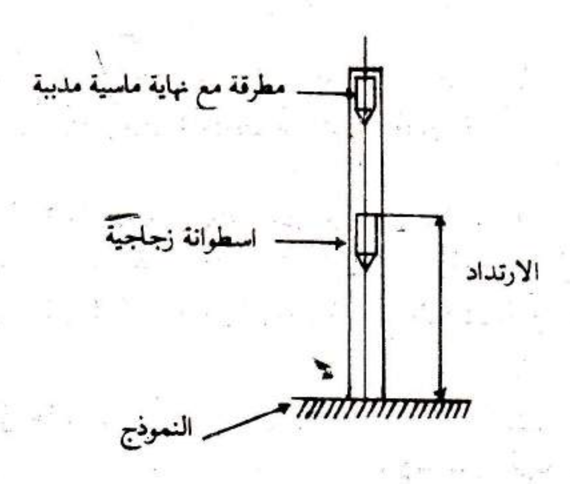
كذلك في هذه الطريقة تستعمل جداول خاصة لتحويل طول الوتر المقاس بالمليمترات الى وحدات صلادة فيكرز ٠ حيث يتناسب طول هذا الوتر عكسيا مع مقاومة المعدن للاختراق بواسطة الهرم الماسي ٠ ويصار عادة الى قياس طول وتري الاثر المربع الشكل واحتساب معدل طول الوتر منهما ٠

ويستعمل جهاز فيكرز عادة لقياس صلادة المواد المعدنية العالية الصلادة ولقياس صلادة القطع المعدنية السميكة والرقيقة على حد سواء ٠

د ـ جهاز لقياس الصلادة بالكرة المرتدة (الصلادة المرنة) :

تقاس الصلادة في هذه الطريقة باسقاط قرص صغير ، يحتوي في مركزه على كرة فولاذية مصلدة او نقطة صغيرة من الماس على سطح القطعة المعدنية المراد قياس صلادتها واحتساب ارتفاع الارتداد (رد الفعل بعد الارتطام بسطح المعدن) عن سطح المعدن بعد الارتطام به ٠ ولا يتجاوز وزن القرص مع الكرة او النقطة الماسية حوالي (١٠ـ١٥) غم ٠ ويثبت القرص داخل انبوب زجاجي ذو مسطرة مدرجة على سطحه لقياس ارتفاع الارتداد حيث يحرك القرص

عند السقوط مؤشرا يثبت بعد الارتطام على سطح الانبوب الزجاجي مشيرا الى ارتفاع الارتداد • ويتناسب هذا الارتفاع طرديا مع صلادة المعدن ، حيث ان الارتفاع الكبير يدل على الصلادة العالية والعكس بالعكس • شكل (٢ـ١٠) يبين جهاز قياس الصلادة بالكرة المرتدة او ما يسمى احيانا بجهاز قياس الصلادة المرنة •



شكل (٢ـ١٠) جهاز قياس الصلادة بالكرة المرتدة

ونظرا لصغر حجم الجهاز ، يكثر استعماله لقياس صلادة القطع المعدنية في مواقع العمل او الانتاج • كما انه يستعمل عادة لقياس صلادة المنتوجات المنجزة ، نظرا لانعدام او صغر الاثر الذي يتركه على هذه القطع بعد عملية القياس •

هنالك اساليب مختلفة اخرى لقياس الصلادة ، الا ان الطرق المذكورة اعلاه تعطي الطالب فكرة متكاملة عن كيفية قياس صلادة المواد المعدنية كما ان هنالك اساليب تقدير او تخمين الصلادة دون الاستعانة باجهزة القياس ، ولكن باستعمال العدد اليدوية البسيطة مثل المبارد والمثاقب اليدوية ، حيث يكثر استعمالها في المعامل الانتاجية • الا ان هذه الطرق الاخيرة لا تعطي قياسات دقيقة بمعنى الكلمة ، بل انها طرق للتقدير اكثر منها للقياس •

٦ـ٣ الخواص الميكانيكية الاخرى :

الخواص الميكانيكية المذكورة اعلاه تكون جزءا يسيرا ولكن مهما من خواص المواد المعدنية . ولقد تم التركيز عليها في هذا الكتاب نظرا لسهولة فهمهـا وسهولة الاساليب المستعملة لقياسها . من الخواص الميكانيكية الهامة ، والتي لا يتسع مجال هذا الكتاب لمناقشتها خاصية مقاومة التزحف وخاصية مقاومة الكلل .

ولعل الجدول (٢ـ١) يعطي الطالب فكرة عن التباين الكبير في الخـواص الميكانيكية للمعادن والسبائك الحديدية وغير الحديدية .

جدول (٢ـ١) بعض الخواص الميكانيكية لعدد من المعادن

والسبائك الحديدية وغير الحديدية

المعدن او السبيكة	مقاومة الشد كغم/ملم^2	الاستطالة	صلادة برينيل
الحديد النقي	٢٠	٥٠	٦٠
الصلب (٪كربون)	٤١	٣٧	١١٥
الالمنيـــوم	٨	٤٠	٢٠
النحـــاس	٢١	٤٥	٤٥
النيكـــل	٣٢	٣٠	٩٠
الرصاص	١٫٥	٥٥	٥
الخارصـين	١٤	٦٥	٣٨

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما المقصود بالربط المعدني وكيف يتميز عن انواع الربط الاخرى ؟

س٢ : ما هي اهم انواع الشبكات الحيزية الموجودة في المعادن النقية اشرح مع ذكر بعض الامثلة ·

س٣ : ما هو المحلول الجامد الاستبدالي والمحلول الجامد التداخلي ماهـي شروط تكونها ؟

س٤ : عرف الخواص الميكانيكية التالية :

أ ـ المرونة　　ب ـ اللدونة　　ج ـ مقاومة الخضوع

د ـ مقاومة الشـد

س٥ : ما هي المطيلية وكيف تقاس ؟

س٦ : عرف المتانة واشرح طريقة لقياسها ؟

س٧ : ما المقصود بالتقصف ؟

س٨ : عرف الصلادة واشرح طريقة لقياس صلادة قطعة منجزة دون اتلافها او تخديش سطحها ·

س٩ : ما هي الفروق بين طريقتي روكويل وبرينيل لقياس الصلادة ؟

س١٠ : ما هي اهم المعلومات الممكن استنتاجها من تجربة الشد ؟

س١١ : اذكر اهم طرق قياس الصلادة مع ذكر مجالات استعمالاتها ·

س١٢ : ما الفرق بين المعدن الصلد والمعدن المتين (ذو المتانة العالية) ؟

س١٣ : ارسم مخطط الجهد والاجهاد للفولاذ الواطيء الكربون اشر على المخطط اهم النقاط المهمة ·

س١٤ : ما هي اهم انواع المحاليل الجامدة ؟ اذكر شروط تكوينها ·

الفصل الثالث

(آليـة انجمـاد المعـادن)

Mechanism of Solidification

الفصل الثالث

(آليـة انجمـاد المعـادن)

Mechanism of lidification

المقدمـــة :

اشرنا في الفصل الاول من هذا الكتاب وتحت الفقرة الخاصة بانتـــاج المسبوكات الاولية بان الخطوة الاولى في تصنيع المعادن بعد استخلاصها مـــن الخامات تتمثل في سباكتها في قوالب خاصة ذات اشكال منتظمة عادة ، والناتج من هذه العملية هو ما يسمى عادة بالمسبوك الاولي (Ingot) . هـــذه المسبوكات عبارة عن منتوجات اولية سوف تخضع لعمليات التشكيل الميكانيكي المختلفة والمذكورة في الفصل الخاص بها من هذا الكتاب ، وذلك لغرض تحويلها الى منتوجات نهائية .

في هذا الفصل سوف نحاول التعرف على ما يسمى عادة بآلية الانجمـــاد اي ماذا سوف يحدث ابتداء من صب المعدن المنصهر في القالب والى حين انجماده اي تحوله من الحالة السائلة الى الحالة الجامدة . ان هذه الآلية هي التي سوف تقرر الكثير من الامور الخاصة بالمعادن ، على سبيل المثال ، نوعية البلـورات المتكونة خلال عملية الانجماد ، شكلها وحجمها ، العيوب الموجودة في المسبوكات الاولية وتأثير كل ذلك على مستقبل المعدن فيما يخص الخواص الفيزياويـــة والميكانيكية .

٣ـ١ـ آلية الانجماد : Mechanism of Solidification

ان العامل الرئيسي الذي سوف يقرر نوع وشكل وحجم البلورات المتكونة خلال عملية الانجماد هو سرعة او معدل التبريد (Cooling Rate) اي مقدار

درجاته والحرارة المفقودة او المسربة من المعدن المنصهر خلال وحـــدة الزمـــن (درجة الحرارة/الزمن) والتي تقاس بوحدات (°م/ثانية) ٠

ان سرعة التبريد ، استنادا الى المحيط الذي يسرب الحرارة او طبيعـــــة جدران القالب المستعمل للسباكة ، هذه السرعة من الممكن ان تكون بطيئـــة جدا ، متوسطة او سريعة جدا ، واستنادا على ذلك فان الناتج سوف يكـــون مختلف ايضا ٠ فيما يلي نناقش تأثير سرع التبريد المختلفة على طبيعة المسبوك الاولي ، والذي ينطبق ايضا على المسبوكات المنجزة اي المشكلة بعمليـــــات السباكة المختلفة والمذكورة في الفصل الخاص بالسباكة من هذا الكتاب ٠

٣ـ١ـ١ـ سرعة التبريد البطيئة : Slow Cooling

اذا كانت سرعة التبريد بطيئة ، على سبيل المثال اذا صب المعدن المنصهر في قالب معزول بشكل جيد عن المحيط الخارجي بمادة عازلة للحرارة ، فـــان التدرج الحراري (Tem perature Gradient) سوف يكون قليلا جدا خـــلال القالب ، بمعنى ان درجة الحرارة تكون متساوية او متقاربة خلال المنصهـــر بكامله ، وبمعنى اخر فان جميع مناطق المنصهر سوف تبرد بنفس السرعـــة البطيئة ٠ ان ذلك سوف يؤدي الى تكوين بلورات متشابهة من حيث الشـــكل والحجم خلال المنصهر بكامله ٠ ونظرا لكون سرعة التبريد بطيئة ومنتظمـــة خلال القالب ، بمعنى انه ليس هنالك تدرج حراري قليل خلال المنصهر ، فان هذه البلورات سوف تكون منتظمة الشكل وكبيرة الحجم ٠ ان انتظام شـــكل وكبر حجم هذه البلورات ينتج نتيجة ان النواة الاولية المتكونة او المتجمـــدة سوف تنمو الى جميع الجهات بنفس السرعة وبنفس المقدار ، وان هذه النوايات سوف تستطيع النمو الى احجام كبيرة نتيجة الفقدان البطيء في درجة الحرارة داخل القالب المعزول ٠ البلورات الناتجه من هـذه العملية تظهر في الشكـــل (٣ـ١) ٠ لاحظ انتظام شكلها وكبر حجمها ، ومن هنا فانها تسمى عـــادة بالبلورات المتساوية المحاور (Equi-Axed Crystals) ٠

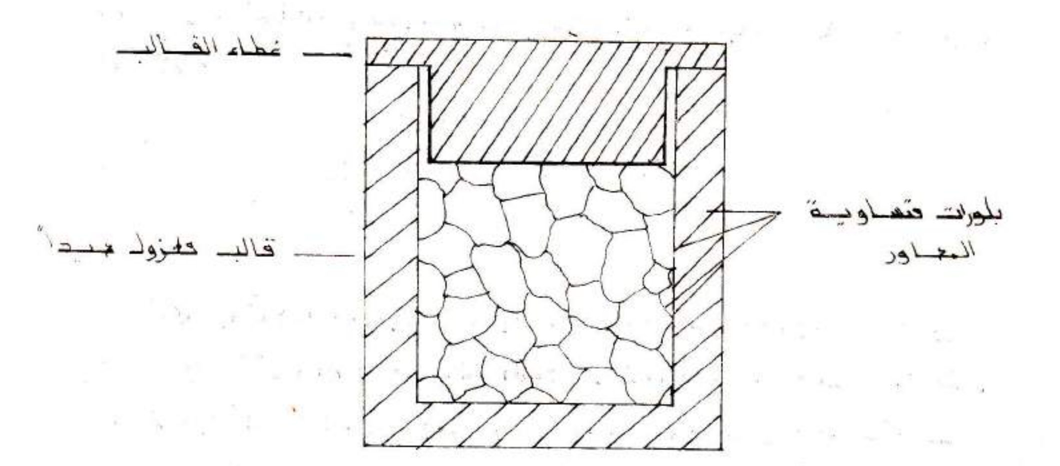
وتتكون هذه البنية البلورية عادة في مسبوكات السباكة الدقيقة ، حيث ان الظروف السائدة في مثل هذا النوع من عمليات السباكة مشابهة لما ذكرناه اعلاه ٠

٣-١-٢- سرعة التبريد العالية : Rapid Cooling

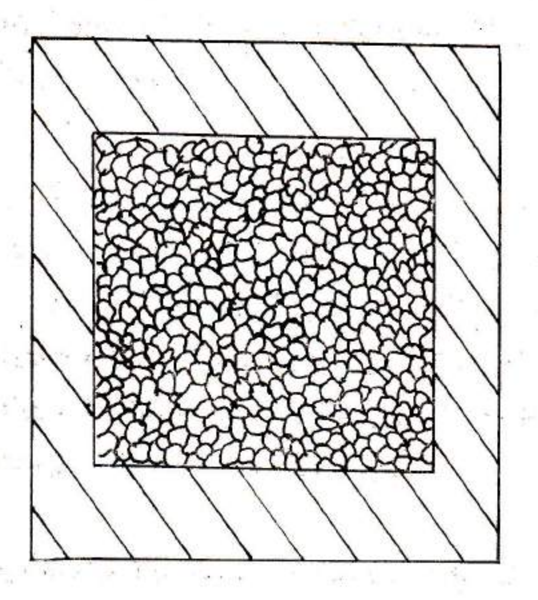
لدى اجراء عملية الانجماد السابقة تحت ظروف سرعة تبريد عالية نسبيا ، على سبيل المثال ، ان يكون القالب المستعمل للسباكة معدنيا ، بمعنى ان يكون موصلا جيدا للحرارة ، وان يصار الى تبريد القالب او جدرانه بواسطة عامل مبرد مثل الماء ، فان ذلك سوف يؤدي الى تكوين عدد كبير من نويات الانجماد وفي جميع انحاء المنصهر وبالتالي فانه سوف يتكون عدد كبير من البلورات الا انها تكون صغيرة الحجم ٠ ان ذلك يعود الى استهلاك المنصهر من قبل هذا العدد الكبير من النويات والى انها سوف تعيق الواحدة الاخرى اثناء النمو بحيث لا تستطيع النمو الى حجوم كبيرة ٠

الشكل (٣-٢) يبين هذا النوع من آلية الانجماد ٠ لاحظ تكون عدد كبير من البلورات ذات حجوم صغيرة ، ونظرا لكون التبريد متجانسا في جميع انحاء المنصهر ، بمعنى قلة التدرج الحراري خلال المنصهر ، فان ذلك يؤدي الى كون هذه البلورات منتظمة الشكل ، بحيث يمكن تسميتها ايضا بالبلورات المتساوية المحاور ، كما شاهدنا في المثال السابق ٠ الواقع ان البلورات المتكونة في الحالتين متشابهة ، الا انها تختلف في الحجم ٠

من الناحية العملية فان هذه الحالة تسود عادة في عمليات السباكة



شكل (٣-١) بلورات متساوية المحاور تتكون نتيجة التبريد البطيء والمتجانس



شكل (٤-٢) بلورات متساوية المحاور صغيرة الحجم تكونت نتيجة التبريد السريع نسبيا والمتجانس

في القوالب المعدنية الدائمية والتي يجري تبريدها باستمرار اثناء السباكة ، مما ينتج سرعة تبريد عالية نسبيا تؤدي الى نفس النتيجة الانفة الذكر .

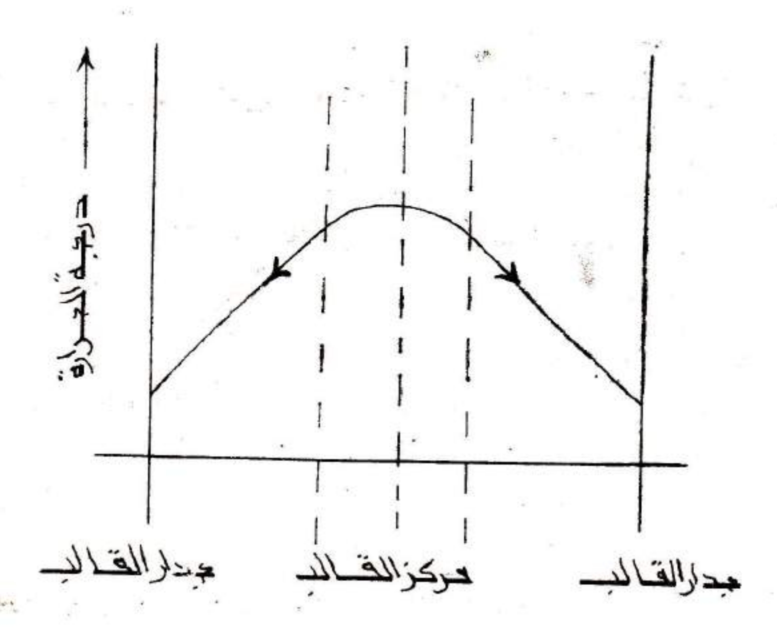
٣-١-٣- التبريد غير المتجانس : Non-Uniform Cooling

اذا سادت الظروف المذكورة في الحالتين اعلاه في نفس الوقت ، اي توفر سرعة تبريد عالية وواطئة في نفس الوقت ، فان ذلك يعني وجود تدرج حراري كبير . على سبيل المثال ، افرض ان المعدن المنصهر قد تم صبه في قالب معدني ذو مقطع كبير . في هذه الحالة يمكن التصور بسهولة بان الجزء من المعدن المنصهر الذي يلامس جدران القالب سوف يفقد الحرارة بسرعة خلال جدران القالب ، في حين ان المنصهر الموجود في وسط القالب سوف يبقى سائلا وفي درجات حرارة عالية لفترة زمنية طويلة ، اي انه سوف يتجمد بسرعة بطيئة نسبيا ، كما يمكن التصور بان المنصهر المحصور ما بين جدران القالب ووسطه سوف تكون سرعة تبريده متوازنة بين السرعتين السابقتين ، اي انه سوف يبرد ويجمد بسرعة متوسطة بين العالية والوطئة . بمعنى اخر ، فان هنالك تدرج حراري يبدأ من جدار القالب حيث سرعة التبريد العالية نسبيا وينتهي في مركز القالب حيث سرعة التبريد البطيئة .

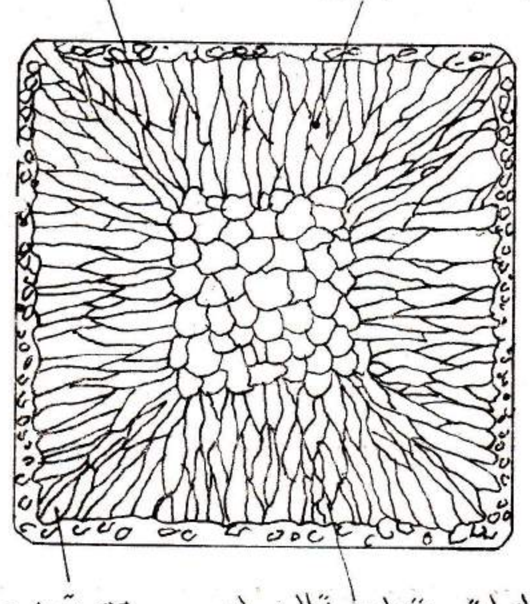
الشكل (٣-٣) يبين التدرج الحراري السائد في القالب المعدني الكبير المقطع ، والشكل (٣-٤) يبين آلية الانجماد لمعدن منصهر تم صبه في مثل القالب وانواع واشكال البلورات المتكونة تحت الظروف المذكورة لدى صب المعدن المنصهر في القالب وتماسه مباشرة مع جدار القالب البارد فان الجزء الملامس لهذا الجدار مباشرة سوف يبرد بسرعة متجمدا بصورة شبه فورية نتيجة الفقدان الكبير والسريع للحرارة . وبذلك سوف تتكون على الجدار بلورات صغيرة الحجم جدا وتكون عادة متساوية المحاور وتسمى بالبلورات

المتكونة نتيجة التبريد المفاجيء (Chill Crystals) ، وهذه تغطي جدران القالب الداخلية وتقيم عازلا بينها وبين بقية المعدن المنصهر لذا فان الجزء المجاور من المعدن المنصهر لهذه البلورات سوف يبرد بسرعة بطيئة نسبيا ويكون لهذا السبب نويات تنمو ببطء باتجاه التدرج الحراري اي باتجاه مركز القالب وعموديا عليه ، متخذا شكلا طوليا باتجاه هذا المركز ، هذه البلورات تسمى بالبلورات الشجيرية الطولية (Columnar Crystals) وهي تغطي عادة الجزء الاكبر من مقطع القالب تحت هذه الظروف من آلية الانجماد .

الجزء من المعدن المنصهر الموجود في وسط او مركز القالب والمناطق المجاورة سوف يبقى في الحالة السائلة لفترة طويلة للاسباب الانفة الذكر ، حيث ان تسريب الحرارة من هذا الجزء البعيد عن جدار القالب سوف يكون بطيئا جدا .



شكل (٣-٣) التدرج الحراري في قالب معدني للسباكة



شكل (٣-٤) آلية الانجماد في قالب معدني ذو مقطع كبير

وكما اسلفنا فان مثل هذه الظروف تقود الى تكوين بلورات متساوية المحاور وكبيرة الحجم . وتكون الظروف السائدة في مركز القالب مشابهة لهذه فانه ايضا هنا سوف تتكون بلورات متساوية المحاور كبيرة الحجم ، كما يتضح من الشكل (٣-٤) . وبذلك فان آلية الانجماد هذه سوف تقود الى تكوين الانواع الثلاثة من البلورات وهي البلورات المتكونة نتيجة التبريد المفاجيء على جدار القالب ، البلورات المتساوية المحاور في مركز القالب والبلورات الشجيرية الطولية بين هذين النوعين .

ان هذا النوع من آليات الانجماد يسود عادة في القوالب المعدنية الكبيرة المستعملة لسباكة المسبوكات الاولية والتي تتم سباكتها عادة بكميات كبيرة تبلغ عدة اطنان من المعدن المنصهر .

في حالات خاصة ، لاسيما عندما يكون المعدن المنصهر قد سخن قبل صبه في القالب بشكل مفرط فوق درجة انصهاره ، فان الناتج سوف يكون مشابهاً للشكل (٣-٤) ، الا انه في هذه الحالة فان المعدن المنصهر وخاصة في مركز القالب سوف يبقى سائلا فترة طويلة جدا ، وبذلك يفسح المجال امام البلورات الشجيرية الطولية بالاستمرار في النمو باتجاه المركز واستهلاك جميع المعدن المنصهر ، حيث تلتقي مع البلورات الشجيرية النامية من الجهة المقابلة للقالب. وبذلك فانه لا تتكون بلورات متساوية المحاور في مركز القالب .

ان آليات الانجماد المذكورة في الحالات الثلاث اعلاه لا تحدث في المسبوكات الاولية فقط ، وانما ايضا في جميع عمليات سباكة المسبوكات المنجزة ، كما اسلفنا .

كما ان هذه العمليات جميعا ، سواء في المسبوكات الاولية او المسبوكات المنجزة تكون دائما مصحوبة بحدوث عيوب متعددة ومختلفة الانواع .

اسباب الحدوث واساليب المعالجة :

فيما يلي عرض مختصر بعض الشيء لعيوبات المسبوكات بأنواعها ، اسباب هذه العيوب واساليب معالجتها ان امكن ·

كما اننا سوف نعطي نبذة بسيطة عن اساليب الكشف عن هذه العيوب وخاصة غير الظاهرة منها للعيان ، او الموجودة داخل المعدن · لقد تمت الاشارة الى بعض عيوب المسبوكات الرملية في الفصل الخاص بهذا الموضوع من هذا الكتاب ، الا اننا هنا سوف نحاول القاء نظرة اشمل على هذه العيوب ·

٣ـ٢ـ عيوب المسبوكات : Casting Defects

كما ذكرنا اعلاه فان عيوب المسبوكات تكون متنوعة ومختلفة المصادر والاسباب ، وقد تحدث هذه العيوب اثناء عملية الصب او عملية الانجماد كما ان بعض هذه العيوب يمكن معالجتها خلال عملية الصب والبعض الاخر بعد الانجماد ، في حين ان انواع اخرى لا يمكن معالجتها الا بالازالة بالقطع ·
وقد تكون هذه العيوب كبيرة ترى بالعين المجردة ، او تكون متناهية الصغر بشكل لا يمكن ملاحظتها الا بواسطة الفحص المجهري وتحت قوة تكبير مناسبة · وقد تحدث هذه العيوب على سطح المسبوكات او داخلها او في مناطق قريبة من السطح الخارجي لها ، في حين ان البعض الاخر يتواجد ما بين البلورات ·

٣ـ٢ـ١ـ الانكماش : Shrinkage

جميع المعادن ، باستثناء القليل منها ، تصغر حجما لدى الانجماد ، اي لدى تحولها من الحالة السائلة الى الحالة الجامدة · بمعنى اخر فانه اذا صهرنا كمية معينة من معدن معين في قالب ذو حجم معين ، بحيث ان المعدن المنصهر يملأ

القالب كليا ، فاننا نلاحظ بعد انجماد المنصهر بان سطح المعدن الجامد قـــد انخفض عن مستوى القالب وخاصة في منطقة المركز ، دلالة على نقصـــان في الحجـــم •

الانخفاض الحاصل في وسط القالب الى الاعلى وذلك بسبب الانكماش هذا النوع من الانكماش يسمى بانبوب الانكماش الرئيسي (Primary Pipe) • الا انه ليس من الضروري ان يحدث الانكماش في هذا الموضع بالذات ، بل قد يحدث في مواضع اخرى داخل المعدن • تصور لاي سبب كان ، بان الاسطح الخارجية للمسبوك تجمد اولا ، في حين يبقى جزء منصهر في داخل المسبوك • لـــدى انجماد هذا الجزء وحدوث الانكماش فيه ، فانه لا يتوفر معدن سائل للتعويض عن الفقدان في الحجم اي لملأ الفراغ الحاصل نتيجة الانكماش ، لذا فـــان الانكماش يحدث داخل المسبوك ، ويسمى في هذه الحالة بانبوب الانكمـــاش الثانـــوي (Secondary Pipe) ، كما يظهر في الشكل رقم (٣ـ٦) •

٣ـ٢ـ١ـ١ـ معالجة الانكماش : Avoidance of shrinkage

١ ـ الانكماش الرئيسي :

ايسط الطرق لمعالجة هذا الانكماش تتمثل في ازالة الجـــزء العلوي مـــن المسبوك الاولي الذي يحوي الانكماش وذلك بقطعه عن جسم المسبوك • هـــده الطريقة لاتزال متبعة صناعيا خاصة اذا لم يكن بالامكان تفادي الانكمـــاش ، الا انها ليست اقتصادية •

المعالجة الامثل تتمثل في تزويد قالب المسبوك الاولي بالمعدن المنصهر بصورة مستمرة اثناء عملية الانجماد وذلك للتعويض عن الانكماش وملأ القالب . ويمكن ان تجري هذه العملية بتركيب قالب ثانوي على القالب الرئيسي للمسبوك ، حيث يقوم المعدن المنصهر الموجود في القالب الثانوي بتغذية القالب الرئيسي وملأ فراغات الانكماش الحاصلة اثناء الانجماد .

٢ ـ الانكماش الثانوي :

ان افضل الطرق لمعالجة لانكماش الثانوي يتمثل بالاسلوب المبين في الشكل (٣ـ٧) ، حيث تستعمل القوالب المسماة بالقوالب ذات الفتحة العلوية الواسعة (Large End Upwards) .

ن تأثير هذه القوالب في تفادي حدوث الانكماش الثانوي يتجسد في اتساع القالب اعتبارا من وسطه والى الاعلى والذي يفسح المجال امام المعدن المنصهر بالبقاء سائلا لفترة طويلة في هذه المناطق ، وبذلك يصبح بالامكان تزويدها بالمعدن المنصهر لملأ الفراغ الحاصل ، اي تفادي حدوث الانكماش .

معالجة الانكماش الثانوي في المسبوكات المنجزة يتم بواسطة التغذية بالمعدن المنصهر عن طريق فتحات التغذية (Risers) التي تصمم في القالب .

٣ـ٢ـ٢ـ الفجوات الغازية : Gas Cavities

مصادر الغازات في المسبوكات هي :

١ ـ الجو المحيط الموجود في أفران الصهر لدى انتاج المعادن ، حيث ان هذا الجو يحوي الابخرة والغازات واهمها الهيدروجين .

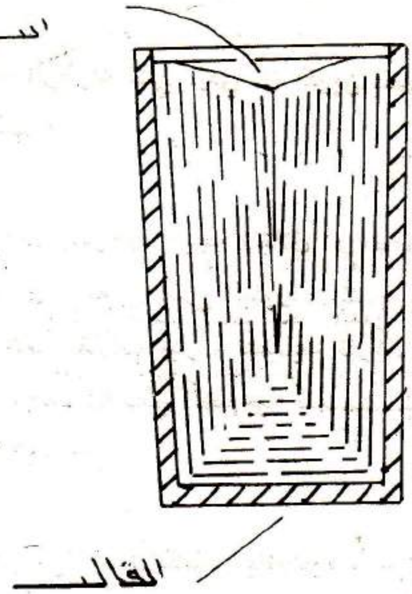
٢ ـ التفاعلات الكيمياوية التي تحدث في المعادن المنصهرة خلال عمليات

الانتاج او الاستخلاص ، ثاني اوكسيد الكاربون على سبيل المثال ٠

٣ ـ جدران قوالب المسبوكات ، خاصة الرطوبة التي تؤدي الى تكوين الغازات بعد صب المعدن المنصهر في القالب ٠

الفجوات الغازية تتكون في المسبوكات بانواعها نتيجة انغلاق او انحصار الفقاعات الغازية داخلها او بين البلورات ، وخاصة بين اذرع البلورات الشجيرية٠ طالما ان المعدن في الحالة السائلة فان هذه الغازات سوف تتصاعد تاركة القالب الى الجو الخارجي ، ولكن لدى انجماد الاسطح الخارجية للمسبوك فانها تنحصر داخله مكونة الفجوات الغازية ٠

دتتميز الفجوات الغازية بسهولة عن فراغات الانكماش بانواعها ، حيث ان الفجوات الغازية تكون عادة صغيرة الحجم ومنتظمة او شبه دائرية الشكل ،



شكل (٣-٧) معالجة الانكماش الثانوي باستعمال قالب ذو فتحة علوية واسعة

وذلك بسبب كون ضغط الفقاعة الغازية متساوية الى جميع الجهات ·
تكون الفجوات الغازية على انواع اهمها :

١ ـ الفقاعات الغازية : (Blow Holes)

تتكون الفقاعات الغازية في المسبوكات الاولية للفولاذ بسبب انغلاق فقاعات غاز اول اوكسيد الكربون الناتج من التفاعلات اثناء انتاج الفولاذ · كما انها تحدث في مسبوكات الالمنيوم والنحاس نتيجة انغلاق فقاعات غاز الهيدروجين اثناء عمليات الانتاج ، تكون الفقاعات عادة كبيرة الحجم نسبيا اذا ما قورنت مع الفجوات الغازية المسماة بالمسامية الغازية ·

٢ ـ المسامية الغازية : (Gas Porosity)

المسامية الغازية عبارة عن عدد كبير من الفقاعات الغازية الصغيرة الحجم والتي تتراكم في موضع معين من المسبوك وخاصة على السطح او بالقرب منه ·

٣ـ٢ـ٣ـ١ـ معالجة الفجوات الغازية : Avoidance of Gas Cavities

يتم تفادي حدوث الفجوات الغازية في المسبوكات الاولية باحدى الاساليب التالية :

١ ـ التخلص من الغازات :

ويتم ذلك بان يترك المعدن المنصهر سائلا لفترة طويلة قبل الصب في القوالب وذلك لفسح المجال امام اكبر كمية من الغازات بترك القالب · والاسلوب الامثل يتمثل في ان تجري عملية الصب في القوالب تحت جو مفرغ من الهواء والغاز وايضا تفريغ او سحب الغازات المتكونة اثناء عملية الصب · ويتم ذلك بتركيب جهاز مفرغ للهواء والغاز على قمة القالب المعد للصب ،

بحيث ان المعدن المنصهر يمر اولا خلال هذا الجو المفرغ قبل الوصـــول الى القالب · كما ان جهاز التفريغ سوف يقوم ايضا بسحب الغازات المتكونة نتيجة التماس مع جدار القالب او نتيجة التفاعلات الكيماوية التي قد تحدث في المعدن المنصهــر ·

٢ ـ تجفيف القوالب :

لغرض التخلص من اكبر كمية ممكنة من الغازات ولمنع تكون المـــزيد منها ، يصار عادة الى تجفيف قوالب المسبوكات الاولية بواسطة شعلة غازية قبل صب المعدن المنصهر فيها · كما انه بالامكان تجفيف قوالب السباكـــة الرملية لنفس الغرض وبطرق مختلفة · هنالك طرق اخرى لازالة هذا العيب ، على سبيل المثال طريقة ازالة الغازات وطريقة اضافة بعض العناصر التي تساعد على هذه الازالة ·

٣ ـ التهويــــة :

يمكن التخلص من كميات كبيرة من الغازات وبالتالي تفادي تكون الفجوات الغازية او المسامية الغازية في المسبوكات ، وخاصة مسبوكات السباكة الرملية، وذلك عن طريق التهوية الجيدة للقوالب بواسطة عدد مناسب من فتحـــات التنفيس التي تصمم في القالب الرملي · كما ان الكبس او الـــدك الخفيف المناسب لرمل القالب ، وخاصة الجزء العلوي في القوالب ذات الجزئين ، يؤدي نفس الهدف ، حيث ان الدك الخفيف يترك بعض المسامات في جدران القـالب تساعد على تسرب الغازات · تقوم فتحات التغذية في قوالب السباكة الرملية بجزء من هذه المهمة ·

٣ـ٢ـ٣ـ الانعزال : Segregation

الانعزال هو عبارة عن خلل في تركيز الشوائب او العناصر الكيماويــــة

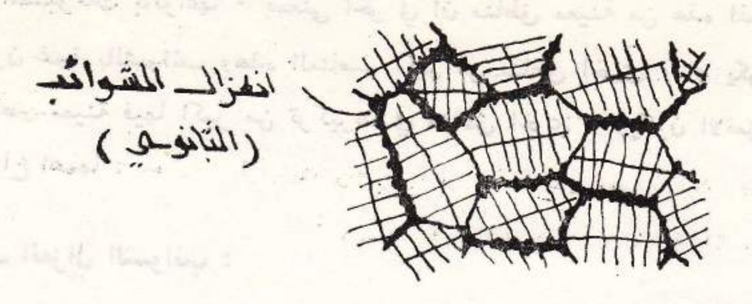
في المسبوكات بانواعها • بمعنى اخر في ان مناطق معينة من هذه المسبوكات تكون غنية بالشوائب وهذه العناصر اكثر من مناطق اخرى ، او يكون تركيز عناصر معينة فيها اكبر من تركيزها في مناطق اخرى • ويكون الانعزال على انواع اهمها :

١ ـ انعزال الشوائب :

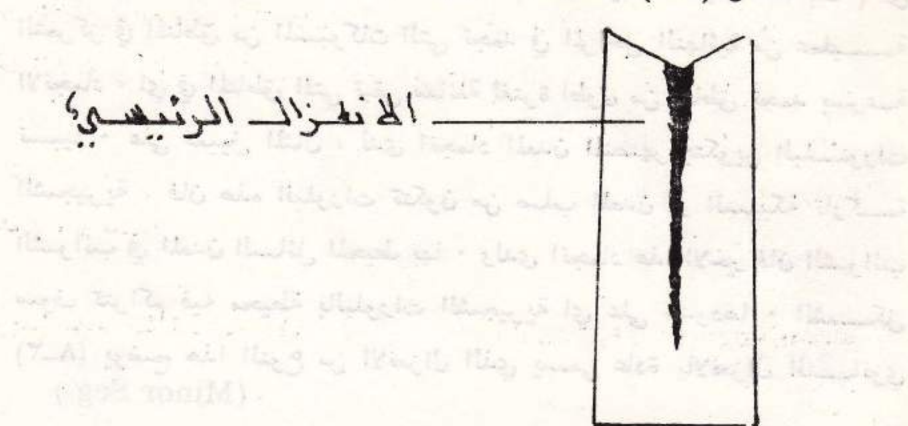
تنزع الشوائب المعدنية واللا معدنية (الاكاسيد ، مكونات الخبث) الى التمركز في المناطق من المسبوكات التي تجمد في المراحل النهائية من عملية الانجماد ، اي في المناطق التي تبقى سائلة للفترة اطول من مناطق تجمد بسرعة نسبيا • على سبيل المثال ، لدى انجماد المعدن المنصهر بتكوين البلورات الشجيرية ، فان هذه البلورات تتكون من صلب المعدن او السبيكة تاركة الشوائب في المعدن السائل المحيط بها • ولدى انجماد هذا الاخير فان الشوائب سوف تتراكم فيه محيطة بالبلورات الشجيرية اي على حدودها • الشكل (٣ـ٨) يوضح هذا النوع من الانعزال الذي يسمى عادة بالانعزال الثانوي (Minor Seg.) •

٢ ـ انعزال العناصر الكيمياوية :

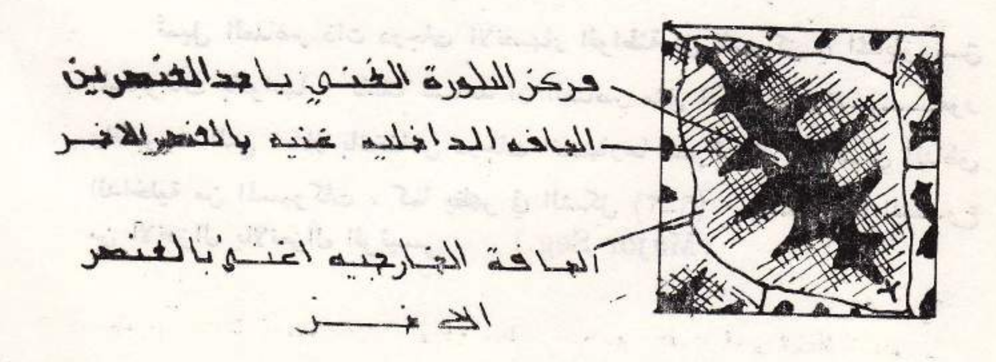
تميل العناصر ذات درجات الانصهار الواطئة الى التمركز في المناطق من المسبوكات بأنواعها • لذلك نشاهد ان العناصر مثل الكربون والفسفور والكبريت التي تمتاز بانخفاض درجات انصهارها تتمركز او تتراكم في المناطق الداخلية من المسبوكات ، كما يظهر في الشكل (٣ـ٩) ، يسمى هذا النوع من الانعزال بالانعزال الرئيسي (Major Seg.)



شكل (٣ـ٨) الانعزال الثانوي على حدود البلورات الشجيرية



شكل (٣ـ٩) الانعزال الرئيسي في مركز مسبوك اولي من الفولاذ



شكل (٣ـ١٠) الانعزال البلوري في البلورات الشجيرية

٣ ـ الانعزال البلوري :

الانعزال البلوري (Coring) هو الانعزال الذي يحدث عادة في مسبوكات سبائك المحاليل الجامدة الاستبدالية ، وهو عبارة عن تمركز احد عنصري السبيكة ، العنصر ذو درجة الانصهار الاعلى ، في مركز البلورة الشجيرية ، والعنصر الاخر ذو درجة الانصهار الواطئة على حافة البلورة • وبذلك يمكن تعريف الانعزال البلوري بانه عبارة عن عدم تجانس كمياوي داخل البلورة الواحدة • السبب في ذلك يعود الى ان العنصر ذو درجة الانصهار العالية يميل الى الانجماد اكثر من العنصر الاخر ذو درجة الانصهار الواطئة ، وبذلك فان العنصر الاولي سوف يتمركز في مركز البلورة ، التي تجمد اولا ، والعنصر الاخر يتمركز على حافة البلورة ، التي تجمد اخيرا • الشكل (٣ـ١٠) يبين هذا النوع من الانعزال •

٣ـ٢ـ٣ـ١ـ معالجة الانعزال : Avoidance of Segregation

ان العيب الناتج من الانعزال بانواعه يتمثل في ان الشوائب او عناصر السبك تتمركز في منطقة من المسبوك دون اخرى مما يسبب خللا سواء في تركيز الشوائب او العناصر • لذا فان المعالجة الاساسية تتجسد في تفادي او منع التمركز او الانعزال اساسا اي منع حدوثه • ولدى حدوث الانعزال رغم الاجراءات اعلاه فانه لابد من اجراء عمليات اضافية للتخلص منه • لذلك فان اساليب المعالجة تكون على شاكلتين :

١ ـ منع حدوث الانعزال :

يتم ذلك بان تكون سرعة تبريد المعدن المنصهر بطيئة قدر الامكان ، بحيث يفسح المجال امام عناصر السبيكة بالحركة والانتشار خلال كامل المسبوك وبصورة متجانسة ، مما يمنع تمركزها في مناطق معينة دون اخرى •

لذلك نشاهد ان مسبوكات السباكة الرملية التي تبرد بسرعة ايضــا من مسبوكات السباكة في القوالب المعدنية التي تبرد بسرعة اكبر ، هذه المسبوكات تكون اقل عرضة لحدوث الانعزال فيها من الاخيرة . ويمنع حدوث انعزال الشوائب والعناصر الاخرى بالتبريد السريع .

٢ ـ معالجة الانعزال البلوري :

قد يكون احيانا ولاسباب مختلفة من غير الممكن تفادي حدوث الانعزال ، في هذه الحالة لابد من اجراء معالجة اضافية على المسبوك المعيوب لغرض ازالة الانعزال ، وخاصة الانعزل البلوري .

لهذا الغرض تستعمل عادة معاملة حرارية تسمى بتخمير المحلول الجامد (Solid Solution Annealing) . وتجرى عادةعلىمسبوكاتالمحاليل الجامدة الاستبداليــة (Substitutional) والتي تكون اكثر عرضة لمثل هذا النوع من الانعزال من غيرها من المسبوكات .

تتلخص هذه المعاملة باعادة تسخين المسبوك (بعد الانجماد والتأكد من حدوث الانعزال) الى درجات حرارة مرتفعة نسبيا الا انها اقل من درجـــة الانصهار ، اي ان المسبوك سوف يبقى في الحالة الجامدة . يتــرك المســبوك في هذه الدرجة لفترات زمنية طويلة نسبيا ثم يبرد مرة اخرى الى درجـــة حرارة الغرفة .

ان عملية التسخين هذه سوف تعطي الطاقة الحركية الكافية لحركة ذرات المحلول الجامد ، بحيث ان هذه الذرات تستطيع بالحركة تغيير مواضعهـــا . لذلك فان الذرات المتمركزة في مركز البلورات وتلك المتمركزة على حافاتهـــا سوف تستطيع الحركة والانتشار في انحاء البلورة بصورة متجانسة تقريبا مزيلة بذلك العيب الناتج من الانعزال البلوري .

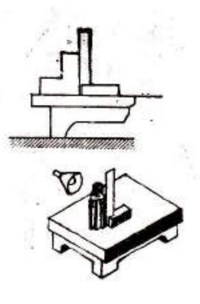
يوضع الجسم المراد قياسه بين المصد وعمود الدوران ويمسك (الجسم) بالابهام والسبابة لليد اليسرى ومن ثم يحرك عمود الدوران باتجاه الجسم بواسطة العروة وباليد اليمنى ولحين حصول تماس اولي بين سطح المصد والجسم وكذلك بين سطح عمود الدوران والجسم كما مبين بالشكل ولمنع وجود اي احتمال لزيادة في الضغط من قبل المصد وعمود الدوران على الجسم المراد قياسه والتي تؤدي الى عدم الدقة في القياس تحرك العروة المساعدة وعند سماع صوت واطيء معين يصدر من المايكرومتر من الممكن قراءة بعد الجسم المطلوب بالمليمترات بواسطة المدرج الموجود على الماسورة اما اجزاء المليمتر فتقرأ بواسطة المدرج الدائري الاخر الموجود على العروة من تطابق احد خطوط تقسيمه مع الخط الوسطي للمدرج الافقي للماسورة ٠

من الشكل (٤ـ٨) يلاحظ ان نهاية السطح المائل للعروة يقع بعد الخط (١١) من المدرج الافقي وانطبق الخط الوسطي للمدرج الافقي على الخط (٣٠) من المدرج الدائري على العروة فعليه يكون البعد المطلوب قياسه يساوي :

١١ + ٣٠ر٠ = ١١ر٣٠ ملم

٤ـ١ـ٦ زاوية الضبط القائمة : Master Square

وهي عبارة عن مسطرة محمولة على قاعدة كما مبين بالشكل (٤ـ٩)

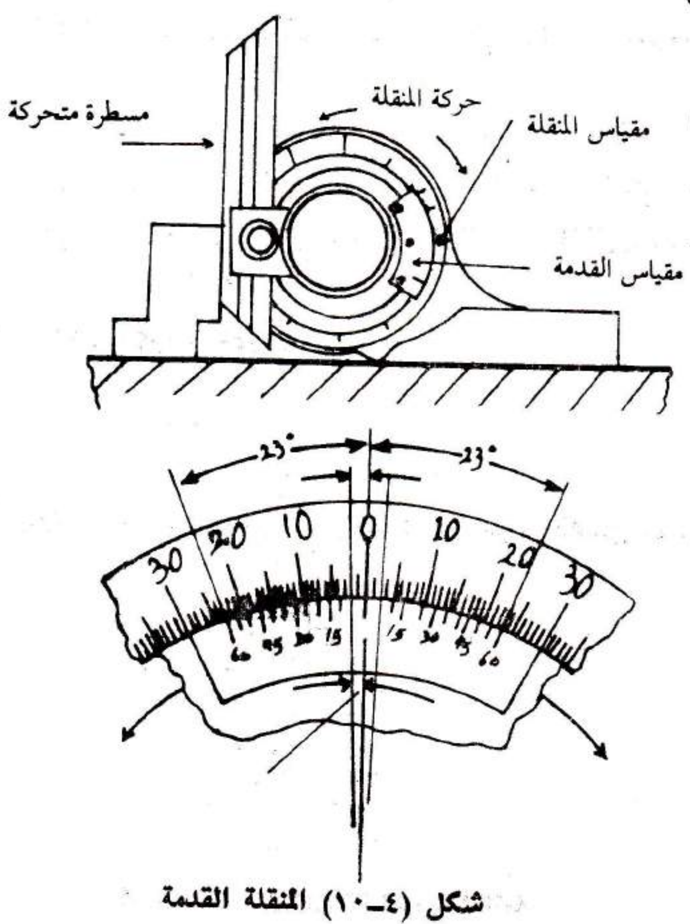


شكل (٤ـ٩) زاوية الضبط القائمة

وتستعمل هذه الاداة لضبط الزوايا القائمة وكذلك يستعمل مدرج المسطرة لغرض قياس الابعـاد كما تستعمل ايضا في التحديد والذي سيتم ذكـــره في فقرات لاحقة من هذا الفصل ٠

٤ـ١ـ٧ المنقلة القدمة : Vernier Protractor.

ان زاوية الضبط تستعمل لقياس الزوايا القائمة اما اذا كان المطلوب قياس زوايا مختلفة من الجسم فعندها تستعمل اداة اخرى تسمى المنقلة القدمة شكل (٤ـ١٠) ٠

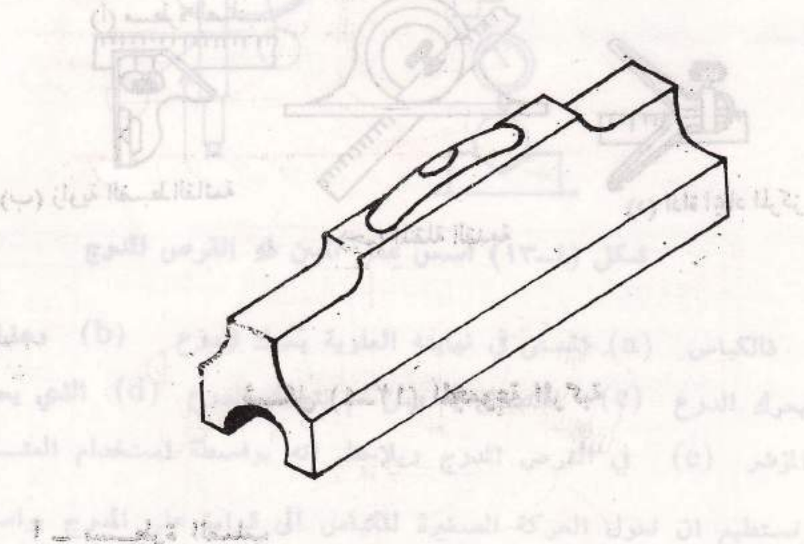


شكل (٤ـ١٠) المنقلة القدمة

ومن الممكن قياس زوايا مختلفة بواسطة المنقله القدمة وبدقة عالية ٠

٤ـ١ـ٨ ميزان التسوية الكحولي : Spirit Level

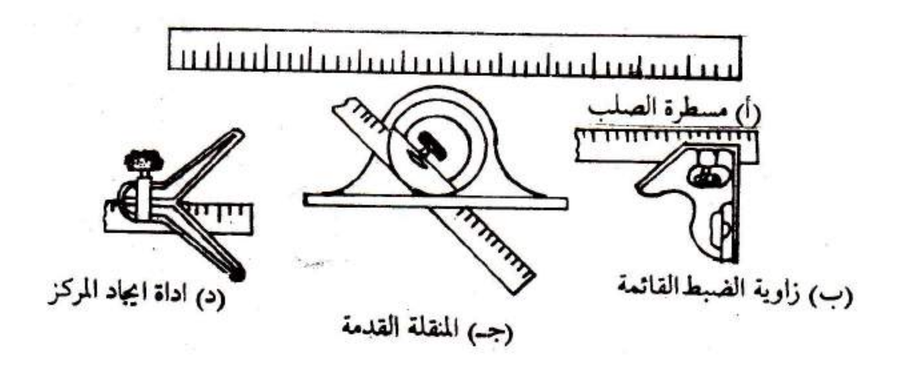
ان هذه الانواع من الميازين متوفرة بمختلف الاحجام والدقة وتستعمل لمعرفة توازن السطوح وخاصة عند فحص المكائن الانتاجية وميزان التسوية الكحولي ٠ شكل (٤ـ١١) يحتوي على قارورة زجاجية مقوسة تحتوي على كحول وفقاعة هوائية تبقى هذه الفقاعة عند فحص السطوح الافقية في أعلى نقطة من التقوس وفي حالة وجود اي ميل في السطح المطلوب معرفة توازنه تتحرك هذه الفقاعة الهوائية عن موقعها المشار اليه اعلاه مبينة بذلك ميلان السطح وكلما كبر نصف قطر التقوس للقارورة كلما كانت دقة قياس هذا الميزان عالية ٠



شكل (٤ـ١١) ميزان التسوية الكحولي

٤ـ١ـ٩ المجموعة المركبة : Combination Set

المجموعة المركبــة ، شكل (٤ـ١٢) تحتــوي على مسطرة الصلب ، زاويــة الضبط القائمة ، ميزان التسوية الكحولي ، المنقلة القدمــــة ، وكـــذلك عــلى اداة ايجــاد المركز والتي تستعمل لايجـاد مراكز الاعمـــدة والقضبــان ذات المقاطع الدائــرية وتستخدم المجموعــة المركبــة ليس لغرض القياس فحســب بل تستعمل في التحـــديد ايضا • كما ســـيذكر في فقرات قادمــة من هــذا الفصـــل •



شـكل (٤ـ١٢) المجموعة المركبة

أ ـ مســطرة الصلب

ب ـ زاوية الضبط القائمة مع ميزان التسوية الكحولي

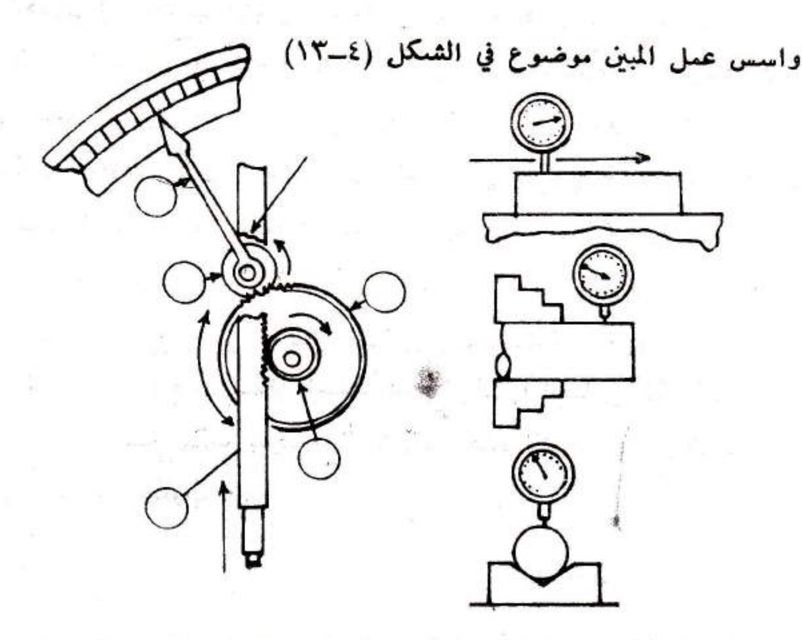
ج ـ المنقلة القدمة

د ـ اداة ايجاد المركــز

٤ـ١ـ١٠ المبين ذو القرص المدرج : Dial Gage.

المبين ذو القرص المدرج لا يعتبر من ادوات القيـاس ولكنه يستعمل عادة لغرض المقارنة بين ارتفـاع سطح معلوم وارتفـاع سطح مجهول وذكر في هذا الفصل لكثـرة وتعدد استعمالاته في المختبرات الهندسية .

واسس عمل المبين موضوع في الشكل (٤ـ١٣)



شكل (٤ـ١٣) اسس عمل المبين ذو القرص المدرج

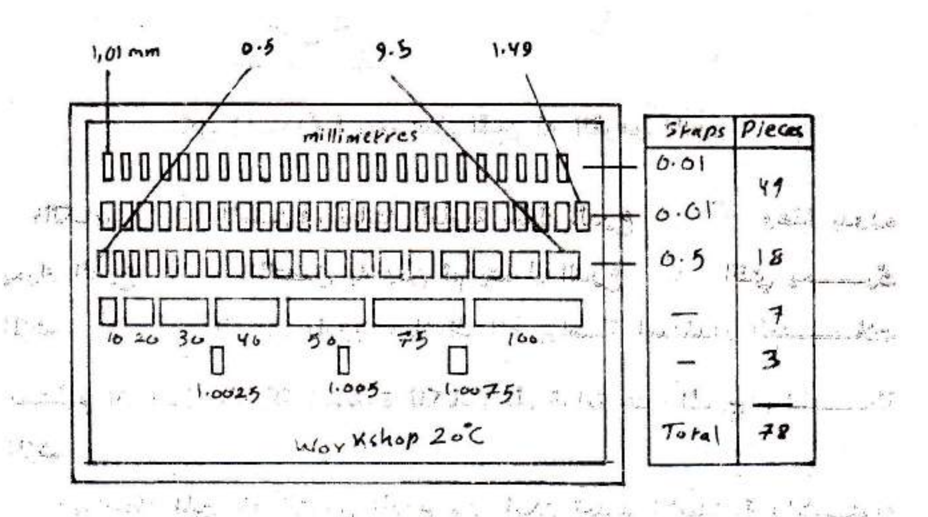
فالكباس (a) المسنن في نهايته العلوية يحرك الدرع (b) وهذا بدوره يحرك الدرع (c) الملتصق به ومن ثم يتحرك الدرع (d) الذي يحـرك المؤشر (e) في القرص المدرج ويلاحظ انه بواسطة استخدام العتـلات نستطيع ان نحول الحركة الصغيرة للكباس الى قراءة على المدرج بواسـطة المؤشر .

وبواسطة المبين ذو القرص المدرج من الممكن تحديد الاستقامة والاسـتواء للسطوح وكذلك من الممكن معرفة مقدار تمركز اي سطح اسـطواني كمـا

مبين بالشكل ٠

٤ـ١ـ١١ قوالب القياس المنزلقة : Slip Gages

الشكل (٤ـ١٤) يبين مقطعا افقيا لمجموعة قوالب القياس المنزلقة والجدول في الجانب الايمن للشكل يبين الزيادة في القياس بين كل قالب وقالب القياس الذي يليه وعدد القوالب التي تشملها هذه الزيادة ٠ فمثلا في الصف العلوي الاول والثاني يوجد (٤٩) قالبا الفرق بين كل قالب واخر مجاور يساوي (١٠ر٠ ملم) واول قالب الذي يقع في اقصى الزاوية العلوية اليسرى للمجموعة يستعمل لقياس بعد مقداره (١٠ر١ ملم) اما الذي يليه في نفس الصنف فيستعمل لقياس بعد مقداره (٠٢ر١ ملم) وباستعمالها مع بعض يمكن قياس بعد مقدارة (٠٣ر٢ ملم = ٠١ر١ملم + ٠٢ر١ ملم) ومن الممكن استخدام قوالب القياس المختلفة لقياس ابعاد مختلفة وذلك بتجميع البعض من هذه القوالب مع بعضها للحصول على القياس المطلوب ٠



شكل (٤ـ١٤) المسقط العلوي لمجموعة قوالب القياس المنزلقة

٤ـ٢ التحديد وادواته : Marking Out and Marking Out Tools.

التحديد (الشنكرة) عبارة عن عملية وضع المؤشرات من خطوط ونقاط على القطعة المراد تصنيعها من اجل الحصول على المنتج بالابعاد المطلوبة ، فمثلا عند استعمال المثقب من الضروري تحديد النقاط التي سيتم ثقبها او انه لمن الضروري تثبيت نقاط المركز للقطعة المراد تشغيلها بواسطة المخرطة ليتسنى تثبيتها بين ذنبتي المخرطة او تحديد مساحة وعمق المنطقة المراد قشطها بواسطة المقشطة وغيرها من العمليات الصناعية ٠

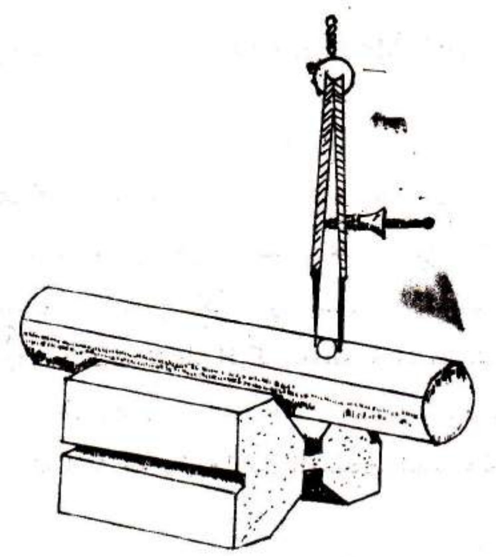
فالتحديد اذا ضروري من اجل انجاز العمليات الصناعية بشكل يضمن دقة وجودة تصنيع المنتج ٠

٤ـ٢ـ١ استعمال الطلاء في التحديد :
The Use of Colour for Marking out.

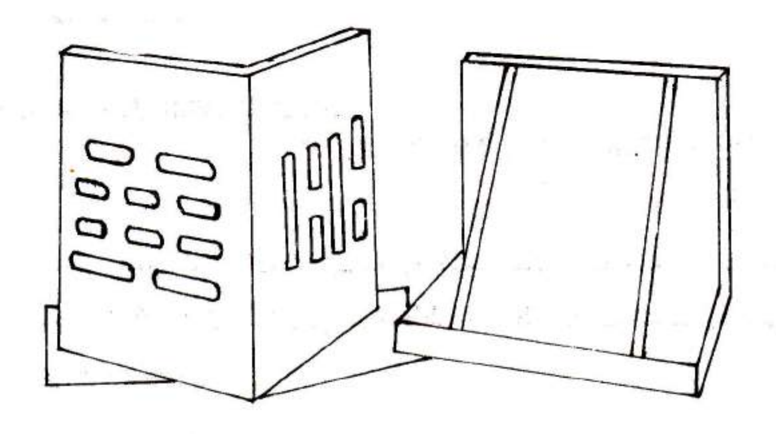
من اجل جعل المؤشرات مرئية وواضحة تطلى القطعة المراد تحديدها بطلاء خاص ازرق اللون عادة ومن ثم تخطط بواسطة ادوات التحديد التي سيتم ذكرها في هذا الفصل ٠

٤ـ٢ـ٢ مسطبة التحديد : Scribing Block.

مسطبة التحديد تشبه السطوح المستوية التي تم وصفها في فقرة سابقة ، شكل (٤ـ٢) وتوضع القطعة المراد تحديدها على هذه المسطبة بصورة مباشرة او باستخدام كتلة على شكل حرف (V) او بواسطة لوح الزاوية الذي من السهل تثبيت القطعة المراد تحديدها عليه شكل (٤ـ١٥) و (٤ـ١٦) ٠



شكل (٤ـ١٥) كتلة التثبيت على شكل حرف



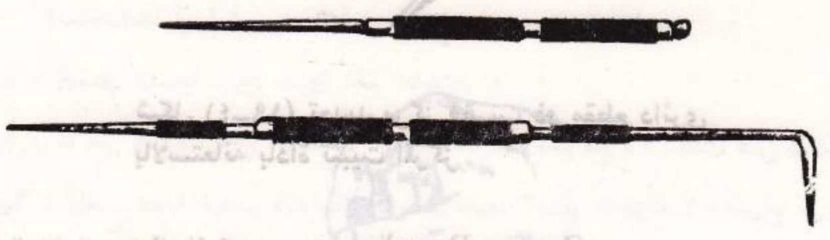
شكل (٤ـ١٦) لوح الزاوية

٤ـ٢ـ٣ ادوات التحديد : Scribing Tools

اهم الادوات التي تستخدم في التحـديد هي المخطاط ، سنبك المركـــز ، فرجال التقسيم ويتم استخدامها بالاستعانة بالبعض من ادوات القياس كمسطرة الصلب ، زاوية الضبط القائمة ، المجموعة المركبة وغيرها ٠

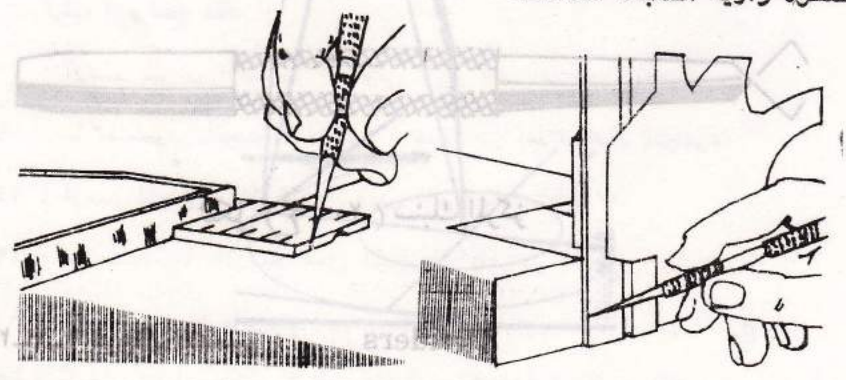
٤ـ٢ـ٣ـ١ المخطاط : Scriber

المخطاط عبارة عن اداة تستخدم لرسم الخطوط في التحديد وهو متـــوفر بأنواع مختلفة والشكل (٣ـ١٧) يبين نوعين من هذه المخطاط والمتداولة بكثرة في رسم الخطوط على المواد المعدنية وغير المعدنية ·



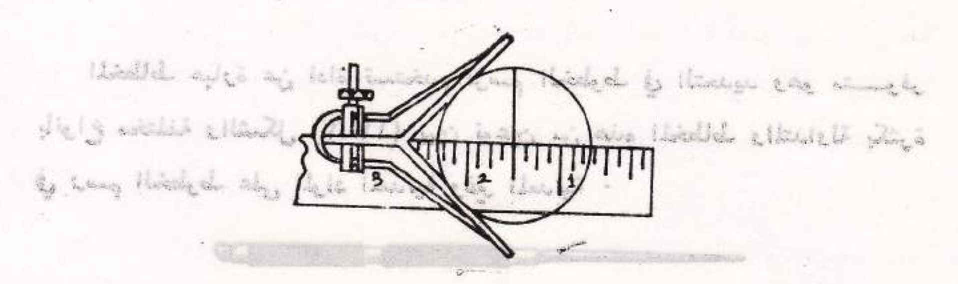
شكل (٤ـ١٧) المخطاط

اما الشكل (٤ـ١٨) فيبين طريقة استخدام المخطاط مع زاويـــة الضبط القائمة في رسم الخطوط على قطعة معدنية والملاحظ من الشكل انه لمن الضروري استعمال المخطاط بزاوية وان تكون حافة التخديش ملاصقة قدر الامكان لحافة مسطرة زاوية الضبط القائمـــة ·



شكل (٤ـ١٨) رسم الخطوط باستخدام المخطاط
وزاوية الضبط القائمة

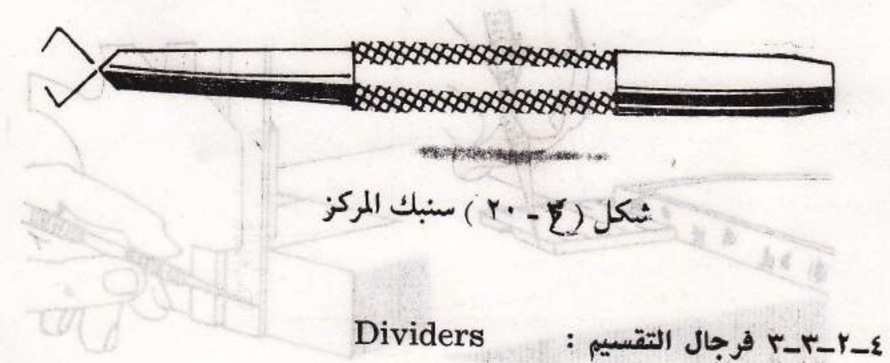
والشكل (٤ـ١٩) يبين كيفية تحديد مركز قضيب ذو مقطع دائري بالاستعانة بأداة تثبيت المركز ·



شكل (٤ـ١٩) تحديد مركز قضيب ذو مقطع دائري بالاستعانة باداة تثبيت المركز

٤ـ٢ـ٣ـ٢ سنبك المركز : Center Punch

وتستخدم هذه الاداة الشكل (٤ـ٢٠) لتحديد المركز ويتم ذلك بطرق نهايته العليا بعد تثبيت نهايته السفلى المدببة في الموقع المراد تحديده فيترك بذلك أثر على القطعة تسهل عمليات التحديد الاخرى كتثبيت مركز دائرة او في عمليات اخرى · كالخراطة والتثقيب ·



شكل (٤ - ٢٠) سنبك المركز

٤ـ٢ـ٣ـ٣ فرجال التقسيم : Dividers

فرجال التقسيم يستخدم لنقل القياس او مقارنة الابعاد وكذلك لرسم الدوائر وهذه الفراجيل متوفرة بابعاد مختلفة يتراوح طولها بين ٦سم و٢٥سم

وعند استخدام هذا الفرجال لرسم دائرة . شكل (٤-٢١) تمسك قمته بين الابهام والسبابة ويفتح الفرجال بمقدار نصف قطر الدائرة المراد رسمها وبعد تثبيت مركز الدائرة على القطعة المراد تحديد الدائرة عليها بواسطة سنبك المركز يوضع احد سيقان فرجال التقسيم في الاثر الذي تركه سنبك المركز على القطعة ويحرك الساق الاخر للفرجال وبضغط معتدل حركة دورانية لرسم الدائرة .

شكل (٤-٢١) فرجال التقسيم

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما المقصود بالقياس ؟ عدد اهم ادواته ·

س٢ : ما فائدة استخدام السطوح المستوية ؟ وضح ذلك مستعينا بالرسم

س٣ : ارسم مسطرة قياس العمق مبينا عليها اهم الاجزاء ؟ واشرح عمليـة استخدامها في قياس عمق احد الاخاديد ·

س٤ : ارسم القدمة وبين عليها اهم الاجزاء ·

س٥ : ما هي فائدة مدرج القدمة ؟ وضح ذلك بالرسم مع ذكر مثال على ذلك ·

س٦ : ارسم قدمة قياس الارتفاع مبينـا عليها اهـم الاجزاء ؟ واشرح طريقة استخدامها ·

س٧ : ارسم المايكرومتر مبينا اهم اجزائه واشرح عملية استخدامه ·

س٨ : كيف يتم قياس الابعاد بواسطة المايكرومتر ؟ وضح ذلك مستعينا بالرسم مع ذكر مثال على ذلك ·

س٩ : هل من الممكن الاستعاضة عن زاوية الضبط القائمة بالمنقلة القدمة ؟ كيف ؟ وضح ذلك ·

س١٠ : ارسم ميزان التسوية الكحولي وبين اهم استخداماته ·

س١١ : ما المقصود بالمجموعة المركبة ؟ عدد اهم اجزاء هذه المجموعة ·

س١٢ : ارسم المجموعة المركبة · وبين اهم استعمالاتها ·

س١٣ : بين مستعينا بالرسم عمل المبين ذو القرص المدرج ·

س١٤ : اذكر مستعينا بالرسم اهم استعمالات المبين ذو القرص المدرج ·

س١٥ : كيف يتم استخدام قوالب القياس المنزلقة ؟ وضح ذلك مستعينا بأحد الامثلة ·

س١٦ : ما المقصود بالتحديد ؟ ولماذا يستخدم الطلاء في التحديد ؟

الفصل الخامس

(عـــدد التشـغيل اليـدوية)

Metal Removal by Hand Tools

الفصل الخامس

(عـــدد التشـغيل اليـدوية)

Metal Removal by Hand Tools.

هنالك الكثير من عمليات التشغيل التي يمكن القيام بها باستعمال عـــدد تشغيل يدوية بسيطة . وتشبه طريقة التشغيل بالعدد اليدوية عمليات التشغيل الالية ، اي باستعمال مكائن التشغيل ، الى حد كبير ولكي تكون عملية التشغيل اليدوي ناجحة ، لابد من توفر شروط معينة اهمها :

١ ـ اختيار العدة اليدوية المناسبة لعملية تشغيل معينة .
٢ ـ ان تمتاز العدة اليدوية المختارة بخواص ميكانيكة تؤهلها لانجـاز عملية التشغيل المطلوبة على سبيل المثال ، لابد ان تكون صلادة العدة اليدوية اعلى من صلادة القطعة المعدنية المراد تشغيلها .
٣ ـ تحديد وتأشير الابعاد المطلوبة بصورة صحيحة على القطعة المراد تشغيلها .
٤ ـ تنظيم خطوات العمل بالتسلسل الصحيح .

فيما يلي سوف نقتصر على اهم واكثر العدد اليدوية استعمالا في معامـل التشغيل .

٥ـ١ المبرد وعملية البرادة : File and Filing.

المبرد هو عدة معدنية مصنوعة من الصلب العالي الكربون يحتوي على سلسلة من الاسنان الصغيرة والتي تقوم بقطع او ازالة طبقات رقيقة من سطح القطعة المعدنية قيد البرادة . فيتكون نتيجة هذه العملية رايش ناعم نسبيا ، لذا فان

عملة البرادة تعتبر من العمليات البطيئة ، مما يساعد على السيطرة والتحكم في دقة الابعاد المطلوبة ·

تستعمل عملية البرادة بشكل واسع في اعداد القطع المعدنية لعملية اللحام وتنظيف المسبوكات المعدنية وازالة طبقات رقيقة من سطوح القطع المعدنية بسمك يتراوح بين ٠٢ر٠ الى ١ر٠ ملم ·

٥ـ١ـ١ـ انواع المبارد : Types of Files

تصنف المبارد الى انواع عديدة استنادا الى ما يلي :

١ ـ نعومة المبرد او خشونته : Number of Teeth

ويقصد بالنعومة عدد اسنان المبرد في وحدة الطول (السنتمتر الواحد عادة) · وتقسم المبارد استنادا الى نعومتها الى :

أ ـ المبرد الخشن : ويتراوح عدد الاسنان في السنتمتر الواحد في هذا المبرد بين ٥ـ١٣ سن ، ويرمز له عادة بالرقم ١ ·

ب ـ المبرد المتوسط النعومة : ويتراوح عدد الاسنان في السنتمتر الواحد بين ١٣ ـ ٢٥ سن · ويرمز له عادة بالرقم ٢ ·

ج ـ المبرد الناعم : ويتراوح عدد الاسنان فيه بين ٢٥ـ٨٠ سن في السنتمتر الواحد · ويستعمل عادة لانتاج السطوح الشديدة النعومة · ويرمز الى هذه المبارد بالارقام ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ·

٢ ـ مقطع المبرد : Types of Sections

تصنف المبارد من حيث شكل مقطعها الى انواع متعددة اهمها :

أ ـ المبرد المستطيل : ويكون ذو مقطع مستطيل الشكل ويستعمل عادة لبرادة السطوح المستوية الخارجية والداخلية ·

ب ـ المبرد المربع : وله مقطع مربع الشكل ويكثر استعماله لبرادة الثقوب

والقنوات المربعة والمستطيلة الشكل .

ج ـ المبرد المثلث : وله مقطع مثلث الشكل ويستعمل لبرادة الزوايا الداخلية والثقوب المثلثة الشكل او ذات الزوايا الحادة .

د ـ المبرد المستدير : وله مقطع دائري الشكل ويستعمل لبرادة الثقوب الدائرية والسطوح المستديرة . والنوع الاخر منه هو المبرد نصف الدائري والذي يستعمل لبرادة السطوح الداخلية المقعرة .

هـ ـ مبارد القطع : وهي مبارد ذات مقاطع مثلثة الشكل وتكون اركانها ذات زوايا حادة وتستعمل في قطع المجاري والقنوات ولبرادة اسنان بعض الانواع الخاصة من المسننات .

٣ ـ اسنان القطع : Cutting Teeth.

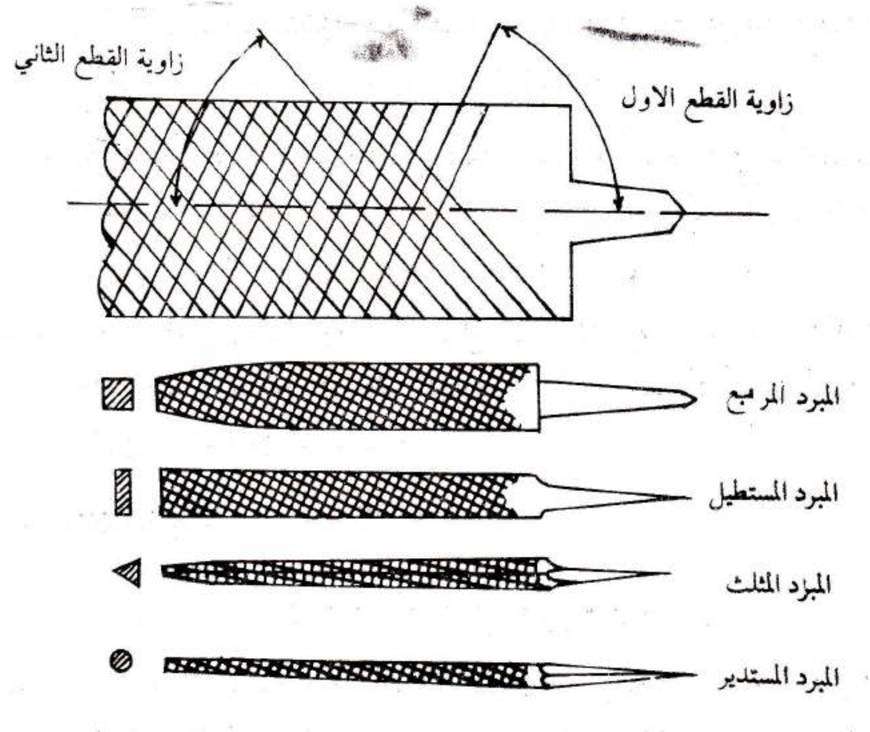
تصنف المبارد حسب طبيعة اسنان القطع الموجودة فيها الى :

أ ـ المبرد ذو القطع المفرد : وتكون فيه اسنان القطع منتظمة على خطوط عرضية متوازية على المبرد وتميل بمقدار ٦٥ ـ ٨٥° ويستعمل عادة لبرادة المعادن اللينة مثل الالمنيوم والنحاس الاصفر والبرونز ، كما يستعمل احيانا لقطع اسنان المناشير وما شابه .

ب ـ المبرد ذو القطع المزدوج : وهو يحتوي على سلسلتين من الاسنان العرضية المتوازنة على المبرد . السلسلة الاولى تميل بزاوية ٤٠ـ٤٥° والسلسلة الثانية تكون اخشن ومنتظمة بزاوية معاكسة للاولى مقدارها يتراوح بين ١٠ـ ٨٠° وتستعمل لبرادة المعادن او المواد ذات الصلادة العالية نسبيا مثل الحديد الزهر والصلب العالي الكربون .

ج ـ المبرد ذو القطع المقوس : ويحتوي على سلسلة متوازية من الاسنان المقوسة المنتظمة على عرض المبرد . وتستعمل عادة لبرادة المواد العالية الصلادة .

شكل (٥ـ١) يبين عددا من المبارد المذكورة اعلاه على سبيل المثـــال لا الحصـر ٠



شكل (٥ـ١) انواع المبارد الواسعة الانتشار

٥ـ١ـ٢ صناعة المبارد : Manufacturing of Files.

تصنع المبارد من الصلب الكربوني الحاوي على نسبة كربون حوالي ١٫٢٪ ويمكن تلخيص عملية صناعة المبرد بالخطوات التالية :

١ ـ التشكيل الاولي لقطعة الصلب الى شكل وابعاد المبرد المطلوب وذلـــك بواسطة الحدادة او الطرق على الساخن ٠

٢ ـ اعادة تسخين القطعة بعد عملية الحدادة وتبريدها تبريدا بطيئا لغـــرض التليين وخفض الصلادة ، استعدادا لقطع الاسنان ٠

٣ ـ كبس القطعة بين سطوح مستوية لغرض تعديل السطح وازالة التعرجات التي قد تنتج من عملية التسخين ٠ بالاضافة الى تنظيف الســـطح مـــن

الاكاسيد والشوائب وتسويته مرة اخرى بواسطة التجليخ ٠

٤ ــ تقطع اسنان المبرد حسب المطلوب أما باستعمال الاجنحة اليدوية ، أو آليا باستعمال ماكنة اجنات خاصة ٠ وقد تستعمل أيضا بعض انــــواع المقاشط ٠

٥ ــ بعد الانتهاء من عملية قطع اسنان المبرد ، يعامل المبرد الناتج حـراريا لغرض زيادة الصلادة وذلك بتسخينه الى درجة مرتفعة نسبيا ثم تبـــريده فجائيا في محيط بارد ٠

٦ ــ تجري بعض الفحوصات على المبارد بعد صناعتها لغرض تحديد مــــدى الصلاحية لعمليات القطع او البرادة ٠ ويتم التركيز خلال هذه الفحوصات على الخواص مثل استقامة جسم المبرد وخلوه من العيوب مثل الشقوق وانتظام خواصه الميكانيكية وخاصة الصلادة والمتانة ٠

٥ــ٢ المقشطة اليدوية : Scraper.

القشط اليدوي عبارة عن عملية ازالة او قشط الاجزاء البارزة مثل النتوءات والزوائد التي تؤدي الى عدم استواء السطح او استقامته بصورة دقيقـــة ٠ والمقشطة اليدوية عبارة عن عدة ذات حافة حادة قاطعة تقوم بأزالة هذه الزوائد والنتوءات لدى ضغطها ودفعها على سطح القطعة المعدنية المراد قشطها ٠

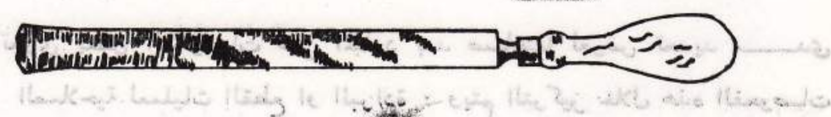
وتجري عملية القشط بتأشير الزوائد الناتئـة اولا ، وذلك باطباق القطعة المراد قطعها على سطح مستوي تماما بعد صبغه بزيت او سائل ذو لون احمـر او ازرق ٠ عند انطباق السطحين على بعضهما تتلون هذه الزوائد بلون السائل ، فتبرز النتوءات الى العيان فيسهل تحديدها وقشطها ٠

وتختلف المقاشط اليدوية باختلاف الاغراض التي تستعمل من اجلها ، اي طبيعة السطوح التي يراد قشطها ٠ ومن اهم انواع المقاشط اليدوية هي :

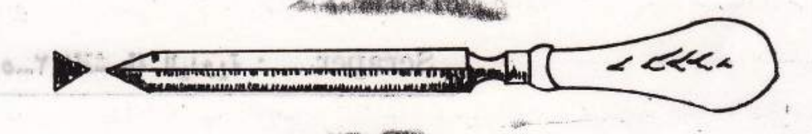
أ ــ المقشطة اليدوية المستوية التي تستعمل لقشط السطوح المســـتوية ٠ شكل (٥ــ٢) ٠

ب ـ المقشطة اليدوية المثلثة الاركان ، وتستعمل لتسوية اركـــان القطـــع والسطوح المنحنية · شكل (٥ـ٢) ·

ج ـ المقشطة اليدوية ذات الحافة المثنية التي تستعمل لتسوية الســـــطوح الداخلية · شكل (٥ـ٢) ·



(أ)



(ب)



(حـ)

شـكل (٥ـ٢) انواع المقاشط اليدوية

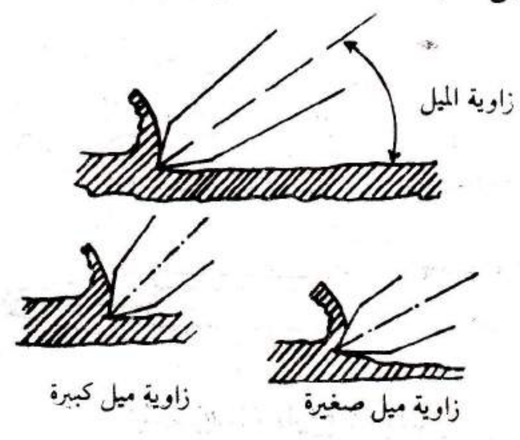
تصنع المقاشط اليدوية عادة من المبارد القديمة او المستهلكة حيث يتم حد الحافة العرضية للمبرد بواسطة ماكنة التجليخ ، وقد يصار الى تصليدها احيانا بحيث تكتسب صلادة عالية ·

٥ـ٣ الاجنة او الازميل : Chisels

الاجنة عدة يدوية قاطعة تستعمل لازالة طبقات رقيقة من سطوح القطع المعدنية ، عندما يكون استعمال العدد الاخرى مثل المقص غير ممكنا ، وتستعمل الاجنة عادة مع المطرقة اليدوية التي يطرق بواسطتها على نهاية مقبض الاجنة ، فتقوم حافتها القاطعة بأزالة المعدن · تعتبر عملية القطع بالاجنة من عمليات التشغيل التي تفتقر الى الدقة لذلك فان استعمالها يقتصر على الاعمال التي لا تتطلب الدقة العالية في الانجاز ·

من الملاحظات الهامة حول كيفية استعمال الاجنة هي تحديد زواية ميل الاجنة على سطح القطعة قيد التشغيل · الشكل رقم (٥ـ٣) يبين كيفية استعمال الاجنة وتحديد زاوية الميل · ان هذه الزاوية يجب ان يتراوح مقدارها بين ٣٠ـ٤٠° حيث انها اذا زادت عن ذلك فان الاجنة سوف تغوص الى داخل القطعة فتصعب بذلك عملية القطع · اما اذا كانت الزاوية صغيرة فان الاجنة سوف تنزلق على سطح القطعة المراد تشغيلها ·

كما انه من الضروري اختيار الاجنة المناسبة لكل عملية خاصة من عمليات القطع (انظر انواع الاجنات واستعمالاتها) في الشكل (٥ـ٤) ·



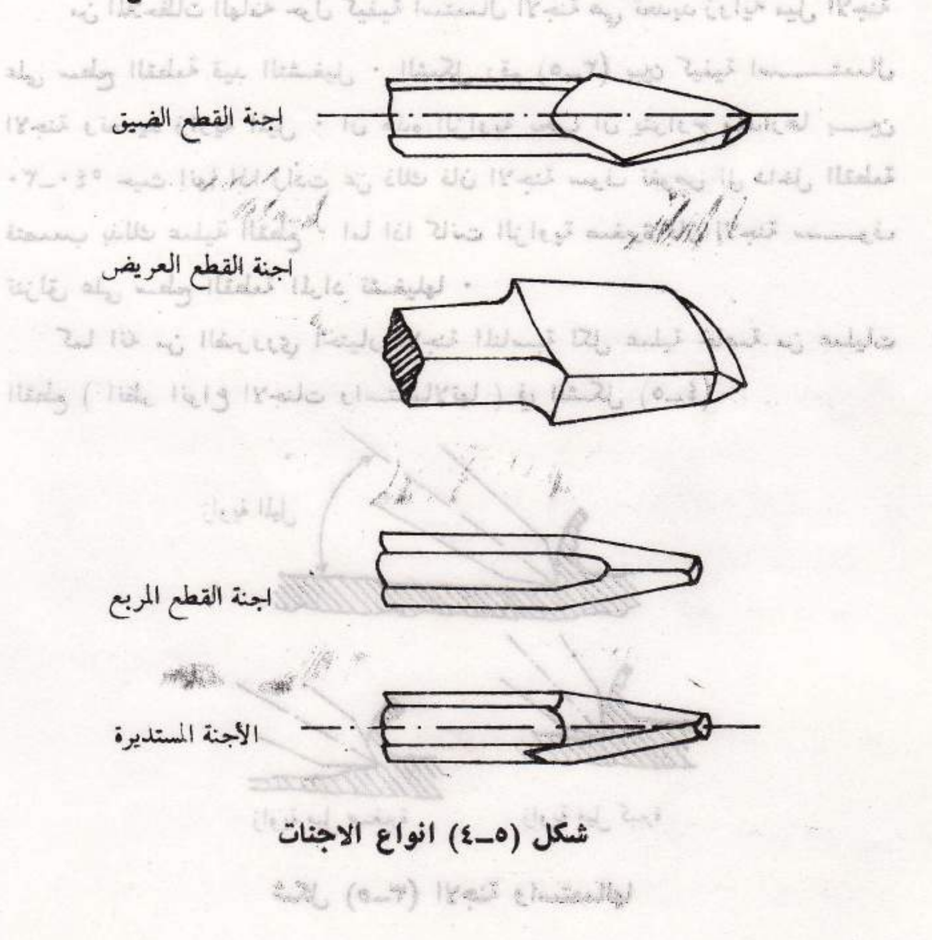
شكل (٥ـ٣) الاجنة واستعمالها

٥ـ٣ـ١ انواع الاجنات : Types of chisels.

١ ـ الاجنة ذات حافة القطع العريضة : وتستعمل لتشغيل القطع ذات السطوح العريضة ، مثل سطوح القطع الملحومة او المسبوكات ٠

٢ ـ الاجنة ذات حافة القطع الضيقة : التي تستعمل في عمليات فتح المجاري او القنوات ذات العرض القليل ٠

٣ ـ الاجنة ذات حافة القطع المربعة : وتستعمل عادة لتحديد اركان الزوايا الداخلية ولعمل المجاري والقنوات المربعة او المثلثة المقاطع ٠



شكل (٥ـ٤) انواع الاجنات

٤ ـ الاجنة المستديرة : التي تستعمل لفتح قنوات التزييت ذات المقطع الدائري او المستدير ٠

٥ـ٣ـ٢ صناعة الاجنات : Manufacturing of Chisels.

تصنع الاجنات من الصلب الكربوني العالي الكربون (٠ر١ـ٤ر١ كربون) حسب الخطوات التالية :

١ ـ التشكيل بالطرق على الساخن الى الشكل المطلوب للاجنة ٠

٢ ـ تشغيل حافة القطع بواسطة عملية البرادة ٠

٣ ـ تصليد حافة القطع بالمعاملة الحرارية ٠

٤ ـ تهذيب وتعديل حافة القطع بواسطة عملية التجليخ ٠

٥ـ٤ـ المنشار وعملية النشر : Saw and Sawing.

المنشار اليدوي عبارة عن عدة قطع تتكون من جسم المنشار الذي تحتوي حافته على عدد كبير من الاسنان التي تقوم بقطع المعدن حيث يتكون رايش ناعم٠ ومن الملاحظات المهمة حول استعمال المنشار اليدوي ما يلي :

١ ـ اتجاه القطع : يكون اتجاه القطع عادة الى الامام (مشوار القطع) حيث تكون الاسنان متجهة الى الامام ايضا ٠ وهنالك انواع من المناشير تستعمل للقطع الامامي والخلفي ٠ وتكون فيها اسنان القطع عمودية على سطح القطعة المراد نشرها ٠

٢ ـ تفليج اسنان المنشار : تفلج اسنان المنشار ، اي تكون مائلة الى اليسار والى اليمين بالتعاقب ، لعدة اسباب اهمها :

أ ـ منع اختناق المنشار ، اي توقفه عن القطع بسبب امتلاء المجالات بين الاسنان بالرايش حيث يساعد التفليج على تصريف الرايش المتكون ٠

ب ـ تقليل الاحتكاك بين جسم المنشار والقطعة المعدنية يستعاض عن

التفليج احيانا بتمويج جسم المنشار خاصة عندما تكون اســـنان المنشار صغيرة جدا ٠

٣ ـ سرعة القطع : يجب ان لا ترتفع عن حد معين حيـــث ان ذلك يؤدي الى ارتفاع الحرارة نتيجة الاحتكاك وفقدان المنشار لبعض خواصه الميكانيكية٠

٥ـ٤ـ١ـ انواع المناشير : Types of Saws.

تصنف المناشير استنادا الى عدد الاسنان في وحدة الطول الى الانواع التالية :

١ ـ المنشار الخشن : ويكون عدد الاسنان في وحدة الطول يساوي ١٤ـ١٦ سن لكل ٢٥ ملم ٠ ويستعمل عادة لنشر المواد المعدنية اللينة مثل الالمنيـــوم والقصدير والنحاس ٠

٢ ـ المنشار المتوسط الخشونة : عدد الاسنان في وحدة الطول يساوي ٢٢ سنا ويستعمل عادة لنشر الصلب الكربوني الواطىء الكربون والحديد الزهـر الرمادي والمطيلي والمواد المعدنية الاخرى ذات الصلادات المتوسطة ٠

المنشار الناعم : عدد الاسنان لوحدة الطول يساوي ٣٢ سنا ويستعمل لنشر المواد المعدنية ذات الصلادة العالية مثل الصلب الكربوني العالي الكربون والحديد الزهر الابيض ٠

٥ـ٤ـ٢ صناعة المناشير : Manufacturing of Saws.

تصنع المناشير من الصلب الكربوني العالي الكربون ، حيث يشكل صفيح منه الى الشكل الاولي لجسم المنشار ، ثم يصار الى قطع الاسنان بواسطة ماكنة تجليخ خاصة وبعد ذلك تفلج اسنان المنشار ، يصلد المنشار بواسطة المعاملات الحرارية لاكتساب الخواص الميكانيكية الضرورية لعملية القطع وخاصة الصلادة ٠

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما هي المتطلبات الواجب توفرها في العدد اليدوية لغرض الاستعمال الصحيح لها ؟

س٢ : بين انواع المبارد من حيث الخشونة او النعومة مع اهم الاستعمالات ·

س٣ : ما هي اهم الاسس في تصنيف المبارد · وما هي انواع المبارد ؟

س٤ : اشرح عملية صناعة المبارد · لماذا تصنع المبارد من الصلب العالي الكربون ؟

س٥ : ما هي اهم استعمالات المقشطة اليدوية ؟ ماهي انواعها ؟

س٦ : ما هي اهم الملاحظات حول كيفية استعمال الاجنة او الازميل ؟

س٧ : اذكر اهم انواع الاجنات مع استعمالاتها ·

س٨ : اذكر خطوات صناعة الاجنات ·

س٩ : ما المقصود بتفليج المناشير ؟ ولماذا تفلج المناشير ؟

س١٠ : اذكر انواع المناشير واستعمالاتها المختلفة ·

س١١ : كيف تصنع المناشير ؟

الفصل السادس

(تشـــغيل المعـــادن)

Machining of Metals

الفصل السادس

(تشـــغيل المعـــادن)

Machining of Metals

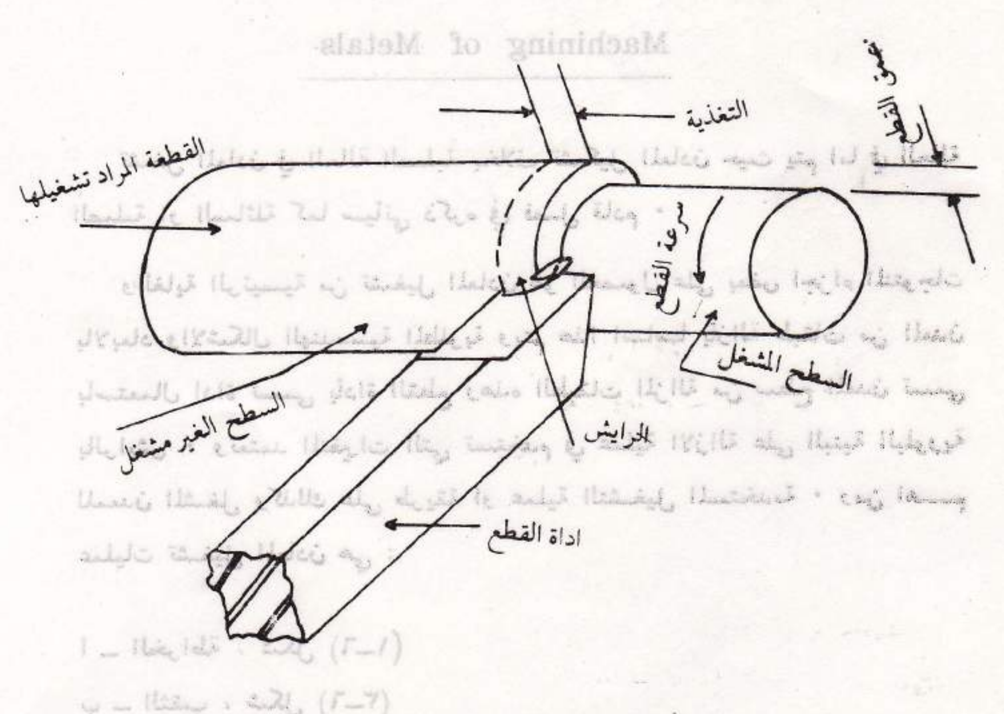
تشغل المعادن في الحالة الصلبة بخلاف تشكيل المعادن حيث يتم اما في الحالة الصلبة او السائلة كما سيأتي ذكره في فصل قادم ٠

والغاية الرئيسية من تشغيل المعادن هو الحصول على بعض اجزاء المنتوجات بالابعاد والاشكال الهندسية المطلوبة ويتم هذا اساسا بأزالة طبقات من المعدن باستعمال اداة تسمى بأداة القطع وهذه الطبقات المزالة من سطح المعدن تسمى بالرايش ٠ وتعتمد المتغيرات التي تستخدم في عملية الازالة على البنية البلورية للمعدن المشغل وكذلك على طريقة او عملية التشغيل المستخدمة ٠ ومن اهـــم عمليات تشغيل المعادن هي :

أ ـ الخراطة ، شكل (٦ـ١)
ب ـ الثقب ، شكل (٦ـ٣)
ج ـ القشط ، شكل (٦ـ٥)
د ـ التفريز ، شكل (٦ـ٧)
هـ ـ التجليخ ، شكل (٦ـ١٠)

ان المادة التي نصنع منها ادوات القطع تكون اصلد وامتن من المادة المـــراد تشغيلها وذلك ليتسنى لها تحمل الجهود المتولدة اثناء عملية التشغيل ويعتبـــر الصلب الكاربوني وصلب السرع العالية والخزف والماس من اهم المـــواد التي تصنع منها ادوات القطع المختلفة ، ومن الجدير بالذكر بان هنـــالك بعض المسميات المشتركة بين عمليات التشغيل المختلفة والتي من الواجب تعـــريف الطالب بها قبل الدخول في تفاصيل عمليات التشغيل ٠

(Machining Processes)



الشـكل (٦ـ١) شكل توضيحي يبين سرعـة القطـع والتغـذية وعمق القطع في عملية الخراطة

أ ـ سرعة القطع : Cutting Speed

هي عبارة عن المسافة المقطوعة للحركة النسبية بين اداة القطع والشـغلة (القطعة المراد تشغيلها) في وحدة الزمن ٠

$$\text{سرعة القطع} = \frac{\text{المسافة التي تقطعها اداة القطع (وحدة طول)}}{\text{الزمن (وحدة الزمن)}}$$

ب ـ التغذية : Feed.

هي عبارة عن المسافة المقطوعة للحركة النسبية بين اداة القطع والشغلة في فترة معينة من الزمن (فترة الدورة الواحدة للمحور بالمخارط والمثاقب وفتـــرة المشوار المزدوج بالمقاشط) وتقاس بوحدات الطول لكل دورة للمحور او لكل مشوار مزدوج ·

ج ـ عمق القطع : Depth of Cut

عبارة عن عمق الطبقة المشغلة من سطح القطعة المراد تشغيلها في كل مرور لاداة القطع ·

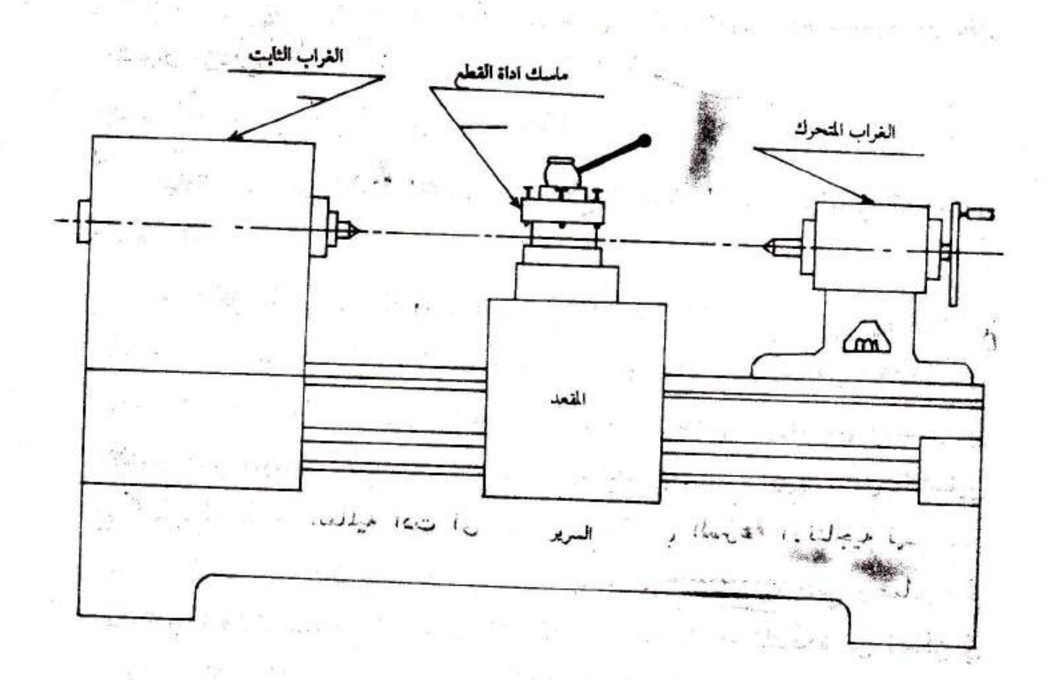
ان شكل الرايش المتكون في عمليات التشغيل المختلفة يتراوح بين الرايش المستمر والرايش المتقطع حيث ان شكل الرايش يعتمد على عوامل مختلفة منها نوعية المعدن المشغل وسرعة القطع ، شكل اداة القطع وغيرها من العـــوامل الاخرى ومن الجدير بالذكر ان لا ننسى بان المنافسة بين منتجي مكائن التشغيل في كسب الاسواق العالمية ادت الى زيادة ملحوظة في السرعة الانتاجية لهـــذه المكائن الا ان هذا كان على حساب التصميم ، حيث اصبحت تنتج بتصاميـــم معقدة جدا ولاغراض مختلفة حيث ان الكثير من العمليات المتعددة من الممكن في الوقت الحاضر القيام بها باستخدام ماكنة واحدة وباجراء بسيط من المشـــغل او حتى بدون الحاجة الى المشغل احيانا ·

لذا فاننا سنحاول شرح عمليات التشغيل ومكائنها بشكل مبسط حيث ان الغرض هو تعريف الطالب على اسس هذه العمليات واسس عمل مكائن التشغيل ومن الممكن الرجوع الى المصادر المذكورة في نهاية هذا الكتاب عند الرغبـــة في استزادة المعرفة ·

٦ـ١ الخراطة والمخارط : Turning and Lathe Machines:

تتحرك الشغلة في هذه العملية حركة دورانية هي حركة القطع اما اداة القطع فتتحرك حركة مستقيمة موازية لمحور الشغلة تسمى بحركة التغذية ، شكل (٦ـ١) ·

والمكائن المستعملة في عملية الخراطة تسمى بالمخارط والشكل التالي يبين الاجزاء الرئيسية لهذه الماكنة بشكل مبسط .

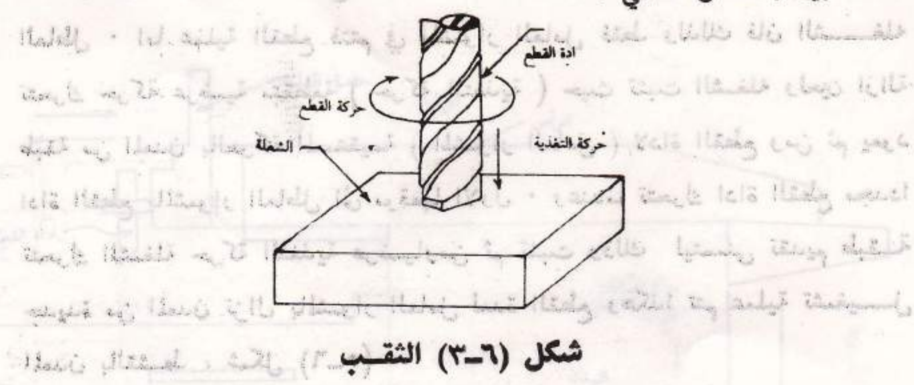


شــكل (٦ـ٢) المخرطة

ويحتوي الغراب الثابت على كافة الاجهزة والتي يتم بواسطتها انجاز عملية الخراطة اما الغراب المتحرك فيستخدم لتثبيت الشغلة بين المراكز وكذلك عنـد استعمال المخرطة في الثقب فعندها يمكن استخدامه لمسك اداة الثقب . أمـا المقعد فيحمل ماسك اداة القطع ويتحرك بدوره حركة افقية يتم تجهيزها بواسطة الاجهزة الموجودة في الغراب الثابت كما ذكرنا سابقا ويسند بدوره على سرير المخرطة كما يستند الغراب المتحرك والثابت والمقعد ايضا على السرير .

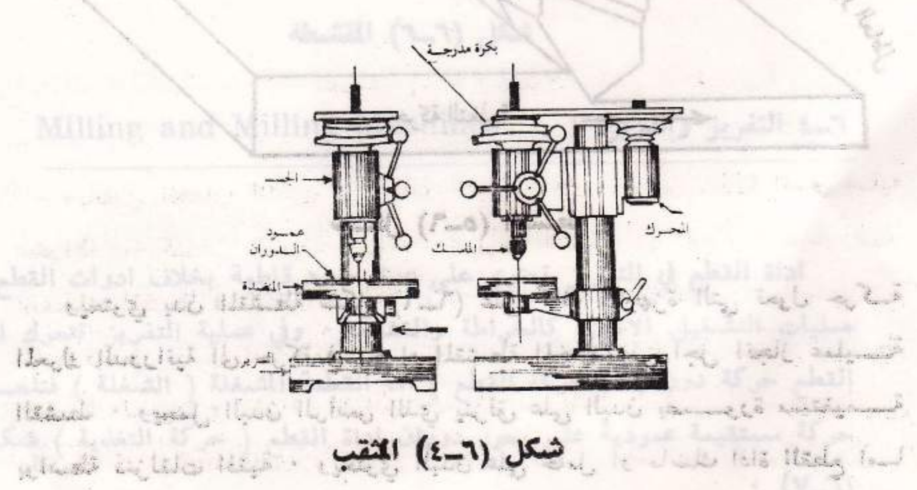
٦ـ٢ الثقب والمثقب : Drilling and Drill

تتحرك اداة القطع في هذه العملية حركتين رئيسيتين ، حركة دورانية (حركة القطع) وحركة محورية (حركة التغذية) وتبقى الشغلة ثابتة اثناء عملية القطع كما مبين بالشكل التالي :



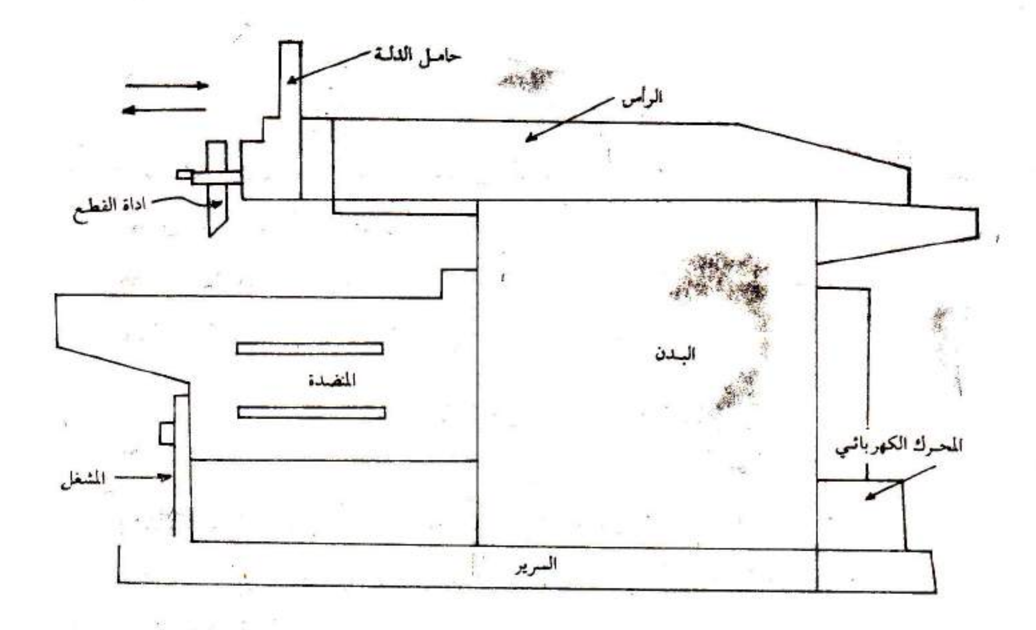
شكل (٦ـ٣) الثقب

وحركة القطع تتم بواسطة نقل الحركة من المحرك الى المحور الحامل لهذه القطع باستخدام البكرات كما مبين بالشكل (٦ـ٤) وبواسطة تدوير الذراع يمكن تحريك المحور حركة عمودية وهي حركة التغذية · اما المنضدة والتي تثبت الشغلة عليها فيمكن تحريكها عموديا على عمود المثقب المثبت على السرير وذلك لضبط البعد بين اداة القطع والشغلة ·



شكل (٦ـ٤) المثقب

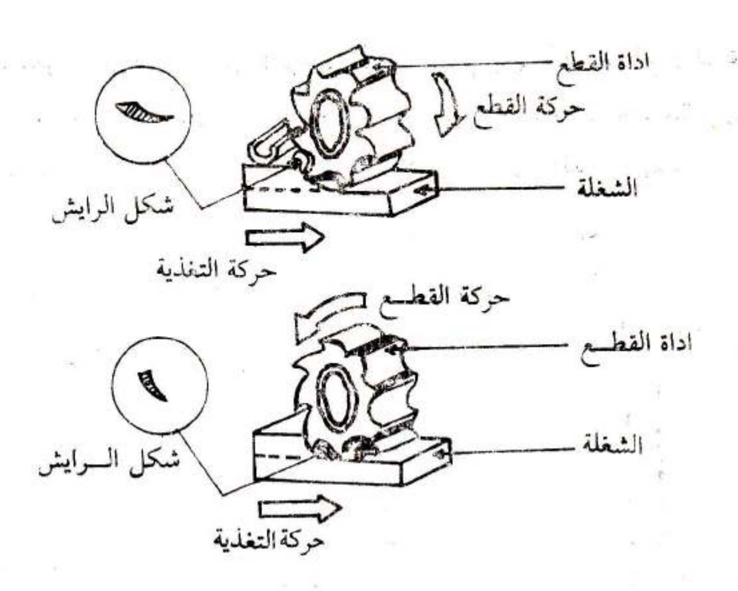
المنضدة فيمكن تحريكها عموديا لتثبيت البعد اللازم بين اداة القطع والشغلة ·
وتتحرك المنضدة على البدن بواسطة منزلقات عمودية وتستند المنضدة بواسطة المسند المثبت على السرير الذي يحمل هذا الاخير البدن والمحرك ايضا ·



شكل (٦ـ٦) المقشطة

٦ـ٤ التفريز والفريزة : Milling and Milling Machines

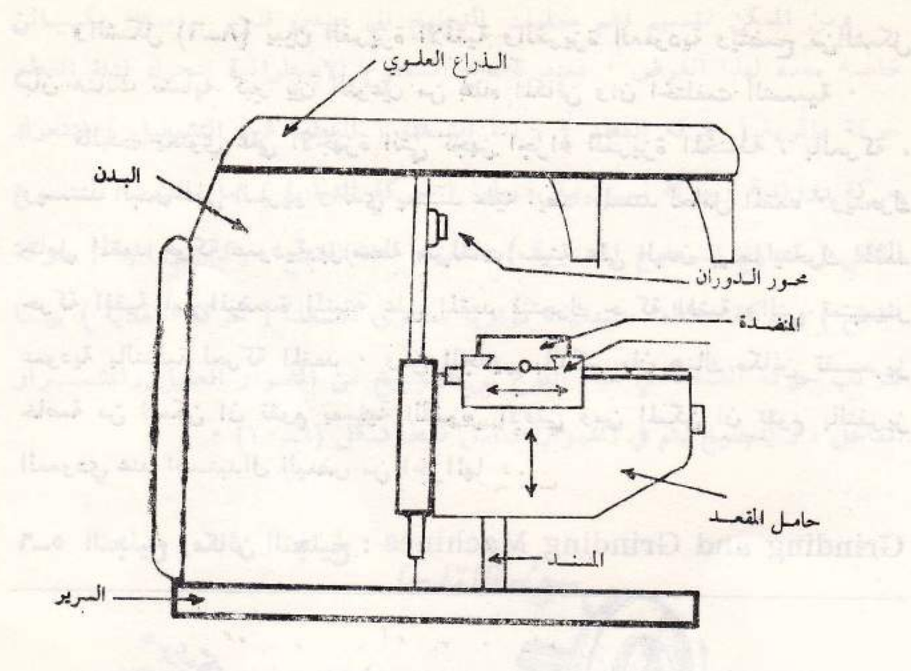
اداة القطع في التفريز تحتوي على عدة حدود قاطعة بخلاف ادوات القطع في عمليات التشغيل الاخرى كالخراطة والقشط · وفي عملية التفريز تتحرك اداة القطع حركة دورانية (حركة القطع) اما القطعة المشغلة (الشغلة) فتتحرك حركة مستقيمة عمودية على محور دوران اداة القطع (حركة التغذية) شكل (٦ـ٧) ·

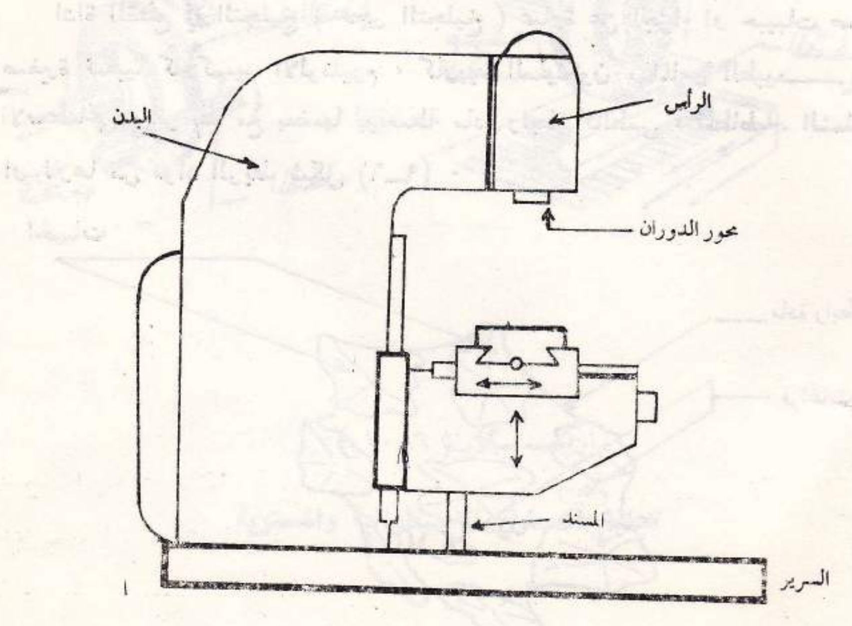


شكل (٦-٧) التفريز الاعتيادي والمتسلق

وهنالك عملية تفريز افقية حيث توجد حدود القطع (اسنان القطع) على محيط اداة القطع او تفريز رأسي (عمودي) وتوجد حدود القطع في هذه الحالة على وجه عدة القطع ٠

كما ان هنالك تفريز اعتيادي شكل (أ) وتفريز متسلق شكل (ب) ومن عيوب التفريز الاعتيادي كثرة الاهتزازات التي تتولد اثناء عملية القطع كنتيجة للقوى الرافعة المتكررة والتي تؤثر على القطع اثناء التفريز ٠ ان هذه الاهتزازات تؤثر بدورها على جودة السطوح المشغلة ٠ اما بالنسبة للتفريز المتسلق فان اداة القطع تتحرك حركة معاكسة لحركة اداة القطع في التفريز الاعتيادية وتمتاز هذه الطريقة بقلة الاهتزازات اثناء عملية القطع بالاضافة لكون الرايش يتجمع خلف اداة القطع وليس امامها كما يحدث في التفريز الاعتيادي لذا فان هذه الطريقة لا تحتاج الى ازالة الرايش المستمر اثناء التفريز والذي قد يسبب نتيجة لتراكمه احيانا امام اداة القطع الى كسرها ٠





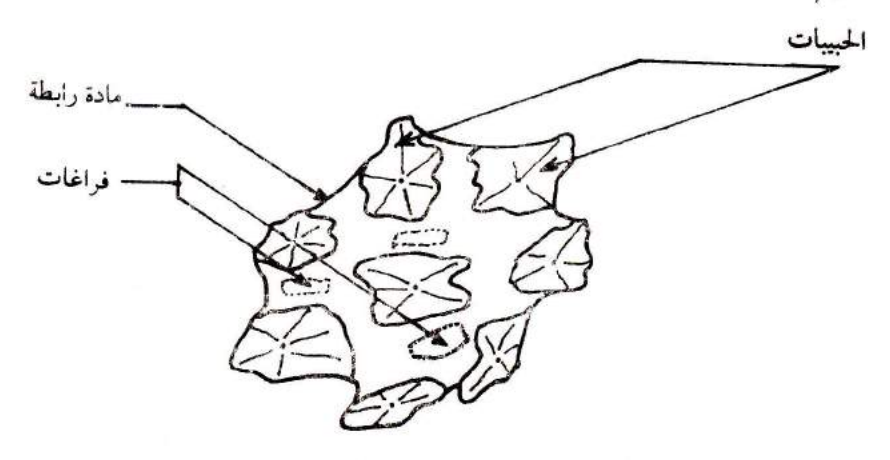
شكل (٦ـ٨) الفريزة الافقية والعمودية

والشكل (٦ـ٨) يبين الفريزة الافقية والفريزة العمودية ويتضح من الشكل بان هنالك تشابه كبير بين النوعين من هذه المكائن وان اختلفت التسمية ·

فالبدن يحتوي على الاجهزة التي تجهز اجزاء الفريزة المختلفة ، بالحركة ، ويستند البدن على السرير والذي يستند عليه ايضا المسند لحامل المقعد ·ويتحرك حامل المقعد حركة عمودية بواسطة منزلقات مثبتة على البدن بينما يتحرك المقعد حركة افقية اما المنضدة المثبتة على المقعد فتتحرك حركة افقية والتي تعتبر عمودية بالنسبة لحركة المقعد · ومن الجدير بالذكر بان هناك مكائن تفريز خاصة من الممكن ان تقوم بعملية التفريز الافقي ومن الممكن ان تقوم بالتفريز العمودي عند استبدال البعض من اجزائها ·

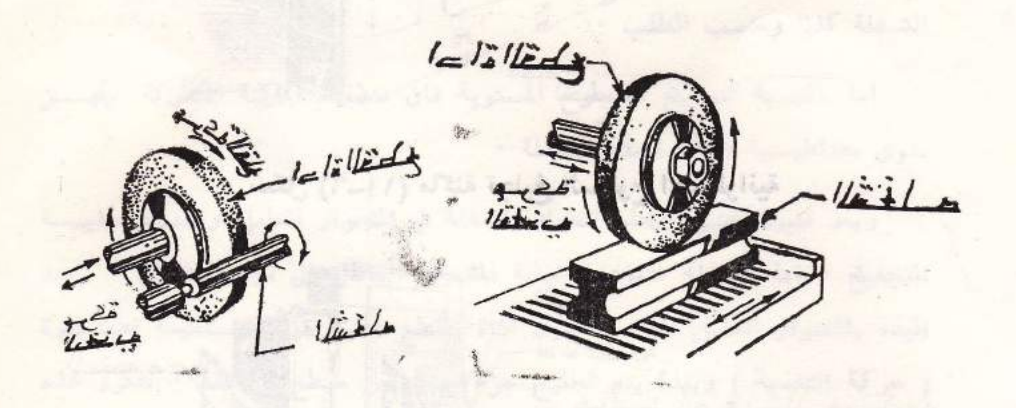
٦ـ٥ التجليخ ومكائن التجليخ : Grinding and Grinding Machines

اداة القطع في التجليخ (حجر التجليخ) عبارة عن اجزاء او حبيبات صلدة صغيرة نسبيا كاوكسيد الالومنيوم ، كاربيد السيلكون ، الماس الطبيعي او الاصطناعي ، ترتبط مع بعضها بواسطة مادة رابطة كالطمى ، المطاط ، الشليك او غيرها من مواد الربط شكل (٦ـ٩) ·



شكل (٦ـ٩) اداة (حجر) التجليخ

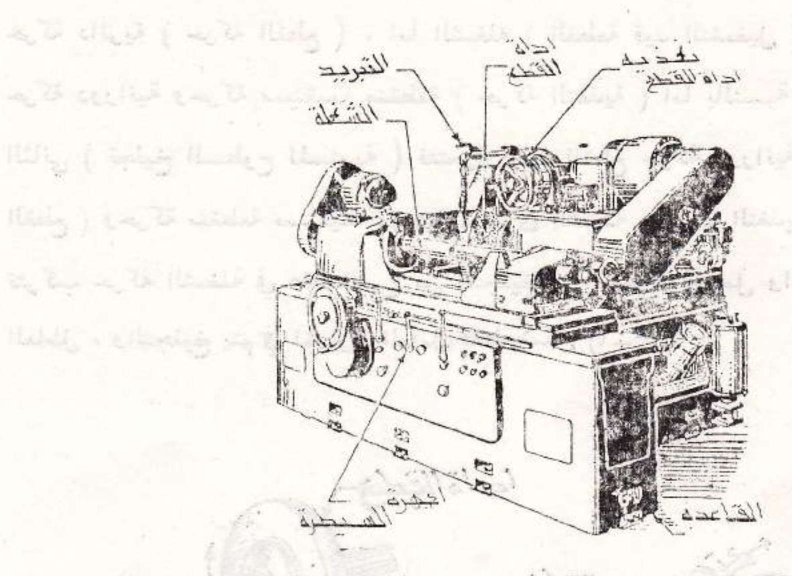
ومن الممكن تقسيم اهم عمليات التجليخ الى نوعين تنجز بواسطة مكـــائن خاصة معدة لهذا الغرض . فعند تجليخ السطوح الاسطوانية تتحرك اداة القطع حركة دائرية (حركة القطع) ، اما الشغله (القطعة قيد التشغيل) فتتحرك حركة دورانية وحركة مستقيمة متقطعة (حركة التغذية) اما بالنسبة للنـــوع الثاني (تجليخ السطوح المستوية) فتتحرك اداة القطع حركة دورانية (حركة القطع) وحركة متقطعة مستقيمة موازية لمستوى الشغلة (حركة التغذية) بينما تتركب حركة الشغلة في هذا النوع من التجليخ من المشوار العامل والمشـــوار العاطل ، والتجليخ يتم في المشوار العامل فقط شكل (٦ـ١٠) .



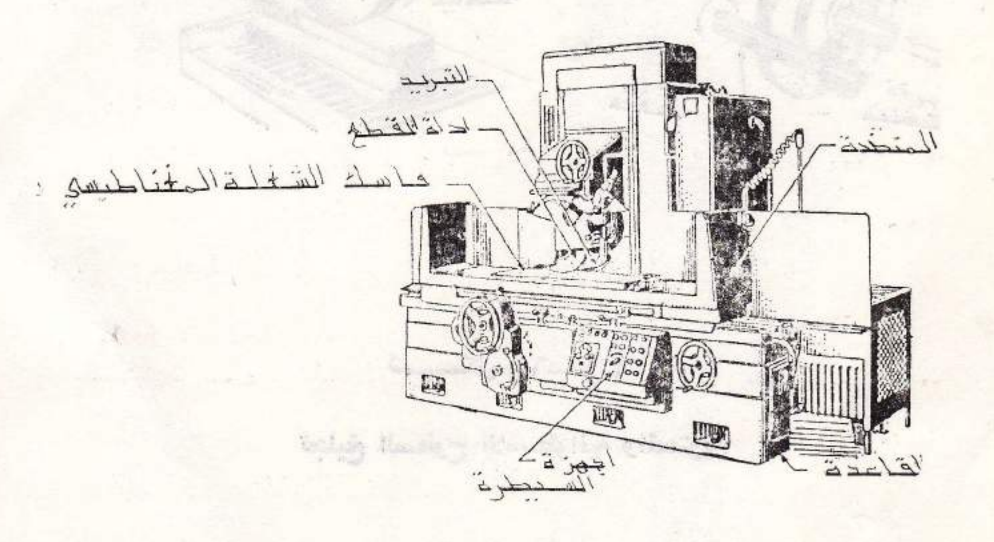
شـــكل (٦ـ١٠)

تجليخ السطوح الاسطوانية والمستوية

يلاحظ في الوهلة الاولى بان هنالك اختلافا كبيرا بين ماكنة تجليخ السطوح الاسطوانية ، شكل (٦-١١) وماكنة تجليخ السطوح المستوية الشكل (٦-١٢)٠



شكل (٦-١١) ماكنة تجليخ السطوح الاسطوانية



شكل (٦-١٢) ماكنة تجليخ السطوح المستوية

ولكن اسس عمل هذه المكائن متشابه فان حركة المحرك تنتقل الى كافة اجزاء ماكنة التجليخ بواسطة اجهزة خاصة وتزودها بالحركات الدورانية والحركات المستقيمة المتقطعة كما انه من الممكن تغير كافة هذه الحركات وحسب متطلبات عملية التجليخ . فعند تجليخ السطوح الاسطوانية تربط الشغلة بين مركزين يتيحان للشغلة الحركة الدورانية . ثم تقرب اداة التجليخ والتي تدور بسرعة عالية جدا من الشغلة وحسب عمق القطع المطلوب والذي لايتجاوز عادة البعض من اجزاء المليمتر . وعند ذلك تبدأ عملية تجليخ سطح الشغلة الذي يكون بتماس مع اداة القطع ومن ثم تتحرك الشغلة ذاتيا حركة مستقيمة ولمسافة قصيرة (حركة التغذية) وذلك ليتسنى وضع جزء جديد من سطح الشغلة في تماس مع اداة القطع . تستمر هذه العملية لحين انتهاء تجليخ سطح الشغلة كليا وحسب الطلب .

اما بالنسبة لتجليخ السطوح المستوية فان منضدة الماكنة المتحركة تجهز بقوى مغناطيسية وذلك لمسك الشغلة .

وبعد تثبيت عمق القطع تتحرك الشغلة في المشوار العامل وتحدث عملية التجليخ . اما الشغلة فتعود في نهاية المشوار العاطل الى موقعها الاول . وعند البدء بالمشوار العامل الثاني تتحرك اداة القطع ذاتيا حركة مستقيمة قصيرة (حركة التغذية) وبهذا يتم تجليخ جزء جديد من سطح الشغلة . تتكرر هذه العملية الى ان تنتهي عملية تجليخ السطح المطلوب .

ان القطع المنتجة بالتشغيل تنجز عليها عملية واحدة او اكثر من العمليات المذكورة سابقا وفي الكثير من الاحيان وخاصة عند تكرر انتاج قطعة معينة بشكل دوري منتظم يلجأ المصممون الى جمع اكثر من عملية واحدة في ماكنة واحدة وعلى هذا الاساس يتم انتاج القطعة باستخدام ماكنة واحدة وان تعددت واختلفت العمليات الجارية عليها ولكن هذا قد ادى الى تعقيد هذه المكائن كما ذكر سابقا ولكن عمليات التشغيل المنجزة بواسطتها تبقى معتمدة على الاسس التي تم عرضها بصورة مختصرة في هذا الفصل .

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما المقصود بتشغيل المعادن ؟ وما هي اهم عمليات التشغيل ؟

س٢ : ما هي اهم العوامل التي تؤثر على تشغيل المعادن ؟

س٣ : عرف ما يأتي :

الرايش ، سرعة القطع ، عمق القطع ، التغذية

س٤ : اشرح مستعينا بالرسم احد العمليات التالية :

أ ــ الخراطة

ب ــ الثقب

ج ــ التفريز

د ــ القشط

هـ ــ التجليخ

س٥ : ارسم مخطط بسيط للمخرطة مبينا الاجزاء الرئيسية ودور هذه الاجزاء في عملية الخراطة ٠

س٦ : ارسم مخطط بسيط يبين المثقب مع اجزائه الرئيسية واشرح باختصار دور اهم هذه الاجزاء في عملية الثقب ٠

س٧ : بين اهم نقاط الاختلاف بين عملية القشط والخراطة ٠

س٨ : ارسم مخطط بسيط يبين اهم اجزاء المقشطة ودور هذه الاجزاء في عملية القشط ٠

س٩ : ما الفرق بين التفريز الاعتيادي والتفريز المتسلق ؟ وضح اجابتك مستعينا بالرسم ٠

س١٠ : ارسم مخطط لاحد المكائن التالية مبينا اهم الاجزاء

أ ــ الفريزة الافقية

ب ــ الفريزة العمودية

س١١ : ارسم مقطع في حجر التجليخ مبينا اهم اجزائه · ماهي اهم المواد التي تستعمل في صنع حجر التجليخ ؟

س١٢ : ماالفرق بين ادوات القطع المستخدمة في العمليات التالية :

أ ـ الخراطة

ب ـ التفريز

ج ـ التجليخ

س١٣ : قارن بين عملية تجليخ السطوح الاسطوانية والمستوية مستعينا بالرسم·

س١٤ : ما المقصود بالمشوار العامل والمشوار العاطل ؟ اذكر اهم عمليات التشغيل التي تشترك في مثل هذه التسميات ·

الفصل السابع

(عمليـــات السـبـاكة)

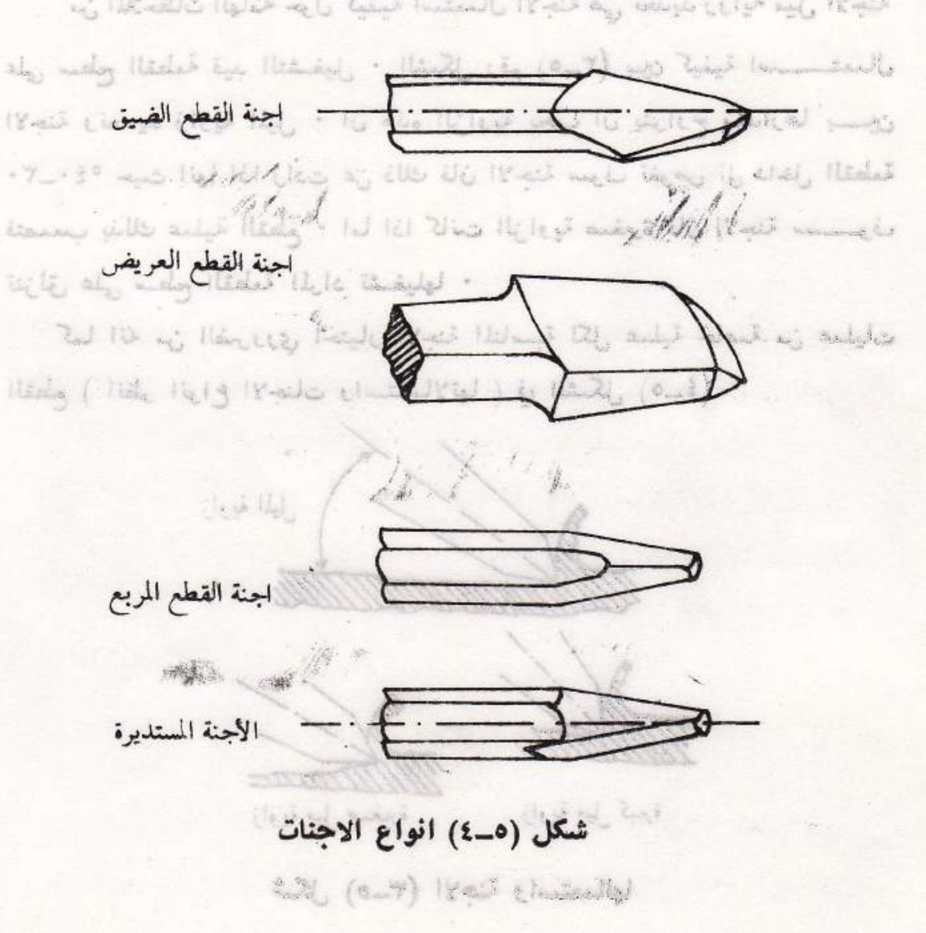
Casting Processes.

٥ـ٣ـ١ انواع الاجنات : Types of chisels.

١ ـ الاجنة ذات حافة القطع العريضة : وتستعمل لتشغيل القطع ذات السطوح العريضة ، مثل سطوح القطع الملحومة او المسبوكات ٠

٢ ـ الاجنة ذات حافة القطع الضيقة : التي تستعمل في عمليات فتح المجاري او القنوات ذات العرض القليل ٠

٣ ـ الاجنة ذات حافة القطع المربعة : وتستعمل عادة لتحديد اركان الزوايا الداخلية ولعمل المجاري والقنوات المربعة او المثلثة المقاطع ٠



شكل (٥ـ٤) انواع الاجنات

٤ ــ الاجنة المستديرة : التي تستعمل لفتح قنوات التزييت ذات المقطع الدائري او المستدير ٠

٥ــ٣ــ٢ صناعة الاجنات : Manufacturing of Chisels.

تصنع الاجنات من الصلب الكربوني العالي الكربون (٠ر١ــ٤ر١ كربون) حسب الخطوات التالية :

١ ــ التشكيل بالطرق على الساخن الى الشكل المطلوب للاجنة ٠

٢ ــ تشغيل حافة القطع بواسطة عملية البرادة ٠

٣ ــ تصليد حافة القطع بالمعاملة الحرارية ٠

٤ ــ تهذيب وتعديل حافة القطع بواسطة عملية التجليخ ٠

٥ــ٤ــ المنشار وعملية النشر : Saw and Sawing.

المنشار اليدوي عبارة عن عدة قطع تتكون من جسم المنشار الذي تحتوي حافته على عدد كبير من الاسنان التي تقوم بقطع المعدن حيث يتكون رايش ناعم٠ ومن الملاحظات المهمة حول استعمال المنشار اليدوي ما يلي :

١ ــ اتجاه القطع : يكون اتجاه القطع عادة الى الامام (مشوار القطع) حيث تكون الاسنان متجهة الى الامام ايضا ٠ وهنالك انواع من المناشير تستعمل للقطع الامامي والخلفي ٠ وتكون فيها اسنان القطع عمودية على سطح القطعة المراد نشرها ٠

٢ ــ تفليج اسنان المنشار : تفلج اسنان المنشار ، اي تكون مائلة الى اليسار والى اليمين بالتعاقب ، لعدة اسباب اهمها :

أ ــ منع اختناق المنشار ، اي توقفه عن القطع بسبب امتلاء المجالات بين الاسنان بالرايش حيث يساعد التفليج على تصريف الرايش المتكون ٠

ب ــ تقليل الاحتكاك بين جسم المنشار والقطعة المعدنية يستعاض عن

التفليج احيانا بتمويج جسم المنشار خاصة عندما تكون اســـنان المنشار صغيرة جدا ٠

٣ ـ سرعة القطع : يجب ان لا ترتفع عن حد معين حيـــث ان ذلك يؤدي الى ارتفاع الحرارة نتيجة الاحتكاك وفقدان المنشار لبعض خواصه الميكانيكية٠

٥ـ٤ـ١ـ انواع المناشير : Types of Saws.

تصنف المناشير استنادا الى عدد الاسنان في وحدة الطول الى الانواع التالية :

١ ـ المنشار الخشن : ويكون عدد الاسنان في وحدة الطول يساوي ١٤ـ١٦ سن لكل ٢٥ ملم ٠ ويستعمل عادة لنشر المواد المعدنية اللينة مثل الالمنيـــوم والقصدير والنحاس ٠

٢ ـ المنشار المتوسط الخشونة : عدد الاسنان في وحدة الطول يساوي ٢٢ سنا ويستعمل عادة لنشر الصلب الكربوني الواطىء الكربون والحديد الزهـر الرمادي والمطيلي والمواد المعدنية الاخرى ذات الصلادات المتوسطة ٠

المنشار الناعم : عدد الاسنان لوحدة الطول يساوي ٣٢ سنا ويستعمل لنشر المواد المعدنية ذات الصلادة العالية مثل الصلب الكربوني العالي الكربون والحديد الزهر الابيض ٠

٥ـ٤ـ٢ صناعة المناشير : Manufacturing of Saws.

تصنع المناشير من الصلب الكربوني العالي الكربون ، حيث يشكل صفيح منه الى الشكل الاولي لجسم المنشار ، ثم يصار الى قطع الاسنان بواسطة ماكنة تجليخ خاصة وبعد ذلك تفلج اسنان المنشار ، يصلد المنشار بواسطة المعاملات الحرارية لاكتساب الخواص الميكانيكية الضرورية لعملية القطع وخاصة الصلادة ٠

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما هي المتطلبات الواجب توفرها في العدد اليدوية لغرض الاستعمال الصحيح لها ؟

س٢ : بين انواع المبارد من حيث الخشونة او النعومة مع اهم الاستعمالات ٠

س٣ : ما هي اهم الاسس في تصنيف المبارد ٠ وما هي انواع المبارد ؟

س٤ : اشرح عملية صناعة المبارد ٠ لماذا تصنع المبارد من الصلب العالي الكربون ؟

س٥ : ما هي اهم استعمالات المقشطة اليدوية ؟ ماهي انواعها ؟

س٦ : ما هي اهم الملاحظات حول كيفية استعمال الاجنة او الازميل ؟

س٧ : اذكر اهم انواع الاجنات مع استعمالاتها ٠

س٨ : اذكر خطوات صناعة الاجنات ٠

س٩ : ما المقصود بتفليج المناشير ؟ ولماذا تفلج المناشير ؟

س١٠ : اذكر انواع المناشير واستعمالاتها المختلفة ٠

س١١ : كيف تصنع المناشير ؟

الفصل السادس

(تشـــغيل المعـــادن)

Machining of Metals

الفصل السادس

(تشـــغيل المعـــادن)

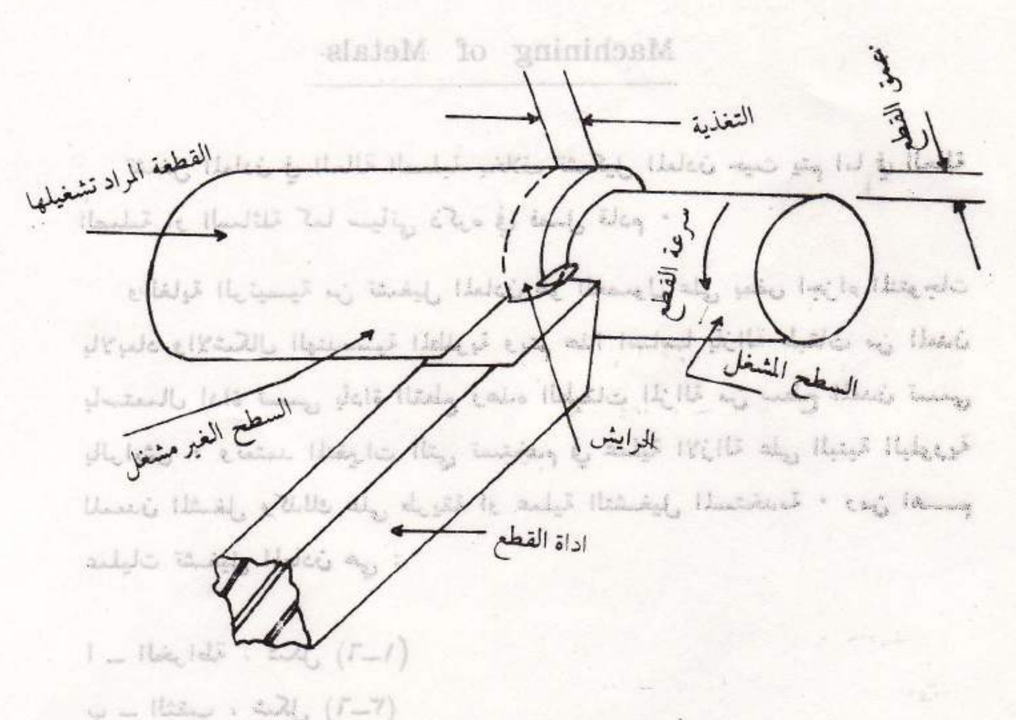
Machining of Metals

تشغل المعادن في الحالة الصلبة بخلاف تشكيل المعادن حيث يتم اما في الحالة الصلبة او السائلة كما سيأتي ذكره في فصل قادم ٠

والغاية الرئيسية من تشغيل المعادن هو الحصول على بعض اجزاء المنتوجات بالابعاد والاشكال الهندسية المطلوبة ويتم هذا اساسا بأزالة طبقات من المعدن باستعمال اداة تسمى بأداة القطع وهذه الطبقات المزالة من سطح المعدن تسمى بالرايش ٠ وتعتمد المتغيرات التي تستخدم في عملية الازالة على البنية البلورية للمعدن المشغل وكذلك على طريقة او عملية التشغيل المستخدمة ٠ ومن اهـــم عمليات تشغيل المعادن هي :

أ ــ الخراطة ، شكل (٦ــ١)
ب ــ الثقب ، شكل (٦ــ٣)
ج ــ القشط ، شكل (٦ــ٥)
د ــ التفريز ، شكل (٦ــ٧)
هـ ــ التجليخ ، شكل (٦ــ١٠)

ان المادة التي نصنع منها ادوات القطع تكون اصلد وامتن من المادة المـــراد تشغيلها وذلك ليتسنى لها تحمل الجهود المتولدة اثناء عملية التشغيل ويعتبـــر الصلب الكاربوني وصلب السرع العالية والخزف والماس من اهم المـــواد التي تصنع منها ادوات القطع المختلفة ، ومن الجدير بالذكر بان هنـــالك بعض المسميات المشتركة بين عمليات التشغيل المختلفة والتي من الواجب تعـــريف الطالب بها قبل الدخول في تفاصيل عمليات التشغيل ٠
(Machining Processes)



الشـكل (٦-١) شكل توضيحي يبين سرعـة القطـع والتغـذية وعمق القطع في عملية الخراطة

أ ـ سرعة القطع : Cutting Speed

هي عبارة عن المسافة المقطوعة للحركة النسبية بين اداة القطع والشـغلة (القطعة المراد تشغيلها) في وحدة الزمن .

$$\text{سرعة القطع} = \frac{\text{المسافة التي تقطعها اداة القطع (وحدة طول)}}{\text{الزمن (وحدة الزمن)}}$$

ب ـ التغذية : Feed.

هي عبارة عن المسافة المقطوعة للحركة النسبية بين اداة القطع والشغلة في فترة معينة من الزمن (فترة الدورة الواحدة للمحور بالمخارط والمثاقب وفترة المشوار المزدوج بالمقاشط) وتقاس بوحدات الطول لكل دورة للمحور او لكل مشوار مزدوج ٠

ج ـ عمق القطع : Depth of Cut

عبارة عن عمق الطبقة المشغلة من سطح القطعة المراد تشغيلها في كل مرور لاداة القطع ٠

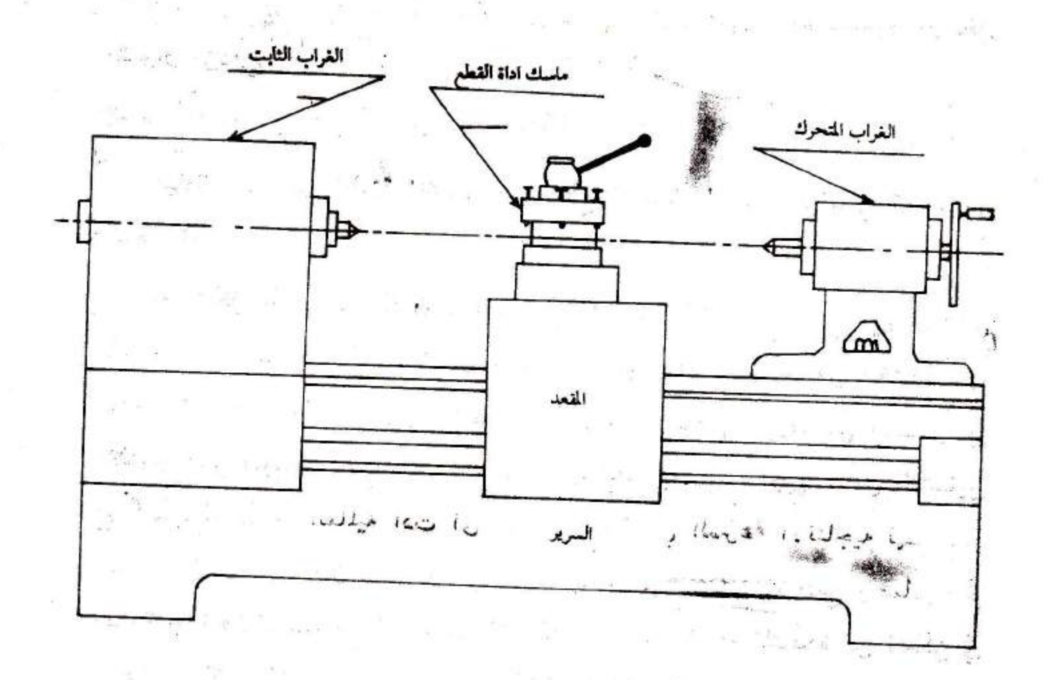
ان شكل الرايش المتكون في عمليات التشغيل المختلفة يتراوح بين الرايش المستمر والرايش المتقطع حيث ان شكل الرايش يعتمد على عوامل مختلفة منها نوعية المعدن المشغل وسرعة القطع ، شكل اداة القطع وغيرها من العوامل الاخرى ومن الجدير بالذكر ان لا ننسى بان المنافسة بين منتجي مكائن التشغيل في كسب الاسواق العالمية ادت الى زيادة ملحوظة في السرعة الانتاجية لهذه المكائن الا ان هذا كان على حساب التصميم ، حيث اصبحت تنتج بتصاميم معقدة جدا ولاغراض مختلفة حيث ان الكثير من العمليات المتعددة من الممكن في الوقت الحاضر القيام بها باستخدام ماكنة واحدة وباجراء بسيط من المشغل او حتى بدون الحاجة الى المشغل احيانا ٠

لذا فاننا سنحاول شرح عمليات التشغيل ومكائنها بشكل مبسط حيث ان الغرض هو تعريف الطالب على اسس هذه العمليات واسس عمل مكائن التشغيل ومن الممكن الرجوع الى المصادر المذكورة في نهاية هذا الكتاب عند الرغبة في استزادة المعرفة ٠

٦ـ١ الخراطة والمخارط : Turning and Lathe Machines:

تتحرك الشغلة في هذه العملية حركة دورانية هي حركة القطع اما اداة القطع فتتحرك حركة مستقيمة موازية لمحور الشغلة تسمى بحركة التغذية ، شكل (٦ـ١) ٠

والمكائن المستعملة في عملية الخراطة تسمى بالمخارط والشكل التالي يبين الاجزاء الرئيسية لهذه الماكنة بشكل مبسط ٠

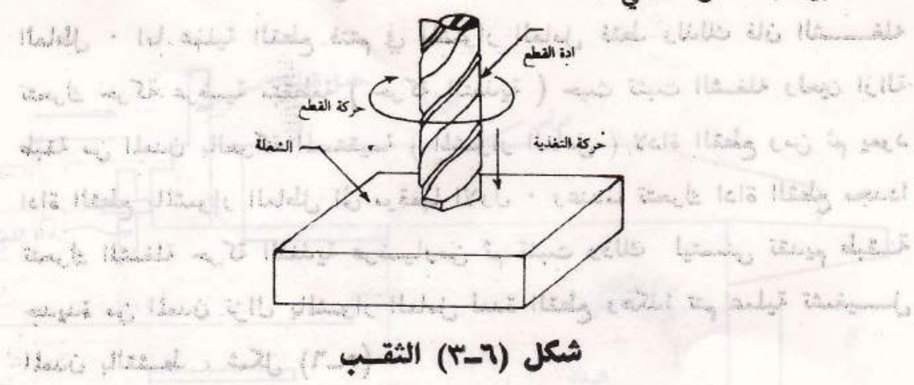


شـكل (٦ـ٢) المخرطة

ويحتوي الغراب الثابت على كافة الاجهزة والتي يتم بواسطتها انجاز عملية الخراطة اما الغراب المتحرك فيستخدم لتثبيت الشغلة بين المراكز وكذلك عند استعمال المخرطة في الثقب فعندها يمكن استخدامه لمسك اداة الثقب ٠ أما المقعد فيحمل ماسك اداة القطع ويتحرك بدوره حركة افقية يتم تجهيزها بواسطة الاجهزة الموجودة في الغراب الثابت كما ذكرنا سابقا ويسند بدوره على سرير المخرطة كما يستند الغراب المتحرك والثابت والمقعد ايضا على السرير ٠

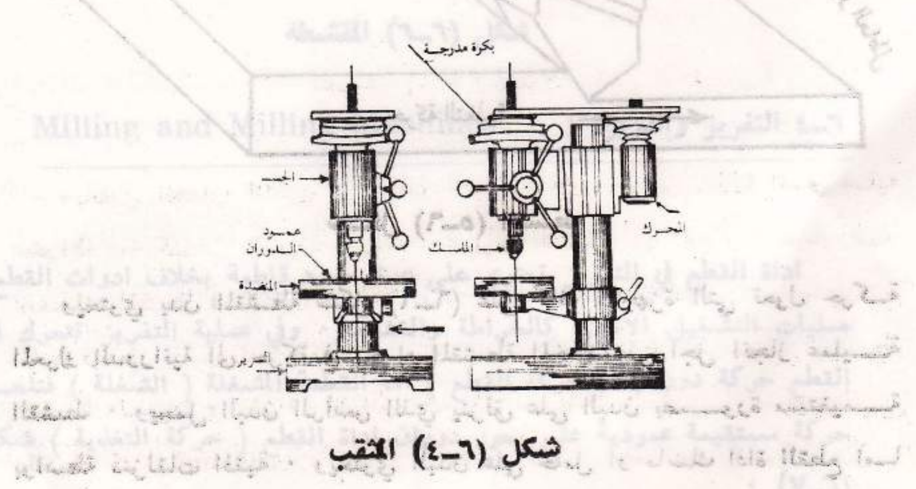
٦ـ٢ الثقب والمثقب : Drilling and Drill

تتحرك اداة القطع في هذه العملية حركتين رئيسيتين ، حركة دورانية (حركة القطع) وحركة محورية (حركة التغذية) وتبقى الشغلة ثابتة اثناء عملية القطع كما مبين بالشكل التالي :



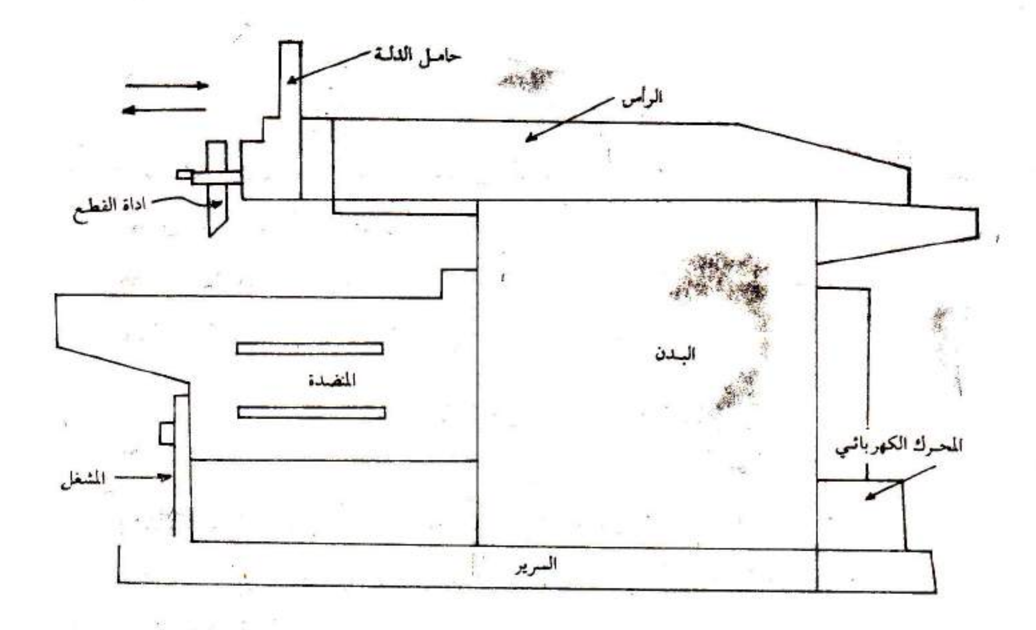
شكل (٦ـ٣) الثقب

وحركة القطع تتم بواسطة نقل الحركة من المحرك الى المحور الحامل لهذه القطع باستخدام البكرات كما مبين بالشكل (٦ـ٤) وبواسطة تدوير الـذراع يمكن تحريك المحور حركة عمودية وهي حركة التغذية . اما المنضدة والتي تثبت الشغلة عليها فيمكن تحريكها عموديا على عمود المثقب المثبت على السرير وذلك لضبط البعد بين اداة القطع والشغلة .



شكل (٦ـ٤) المثقب

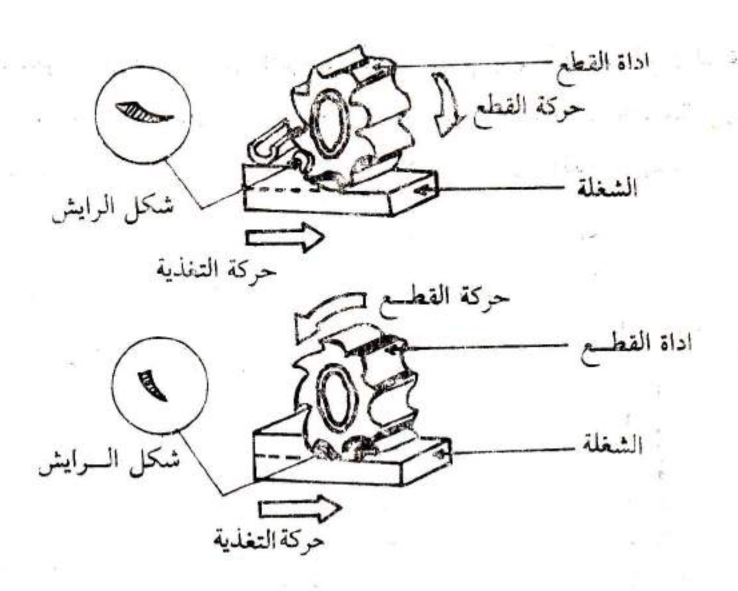
المنضدة فيمكن تحريكها عموديا لتثبيت البعد اللازم بين اداة القطع والشغلة • وتتحرك المنضدة على البدن بواسطة منزلقات عمودية وتستند المنضدة بواسطة المسند المثبت على السرير الذي يحمل هذا الاخير البدن والمحرك ايضا •



شكل (٦-٦) المقشطة

٦-٤ التفريز والفريزة : Milling and Milling Machines

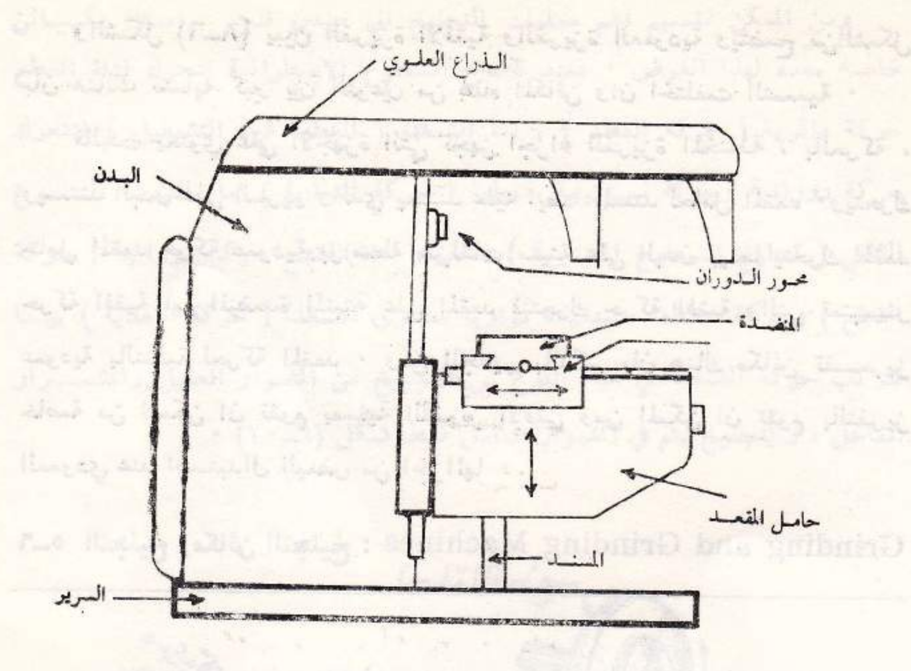
اداة القطع في التفريز تحتوي على عدة حدود قاطعة بخلاف ادوات القطع في عمليات التشغيل الاخرى كالخراطة والقشط • وفي عملية التفريز تتحرك اداة القطع حركة دورانية (حركة القطع) اما القطعة المشغلة (الشغلة) فتتحرك حركة مستقيمة عمودية على محور دوران اداة القطع (حركة التغذية) شكل (٦-٧) •

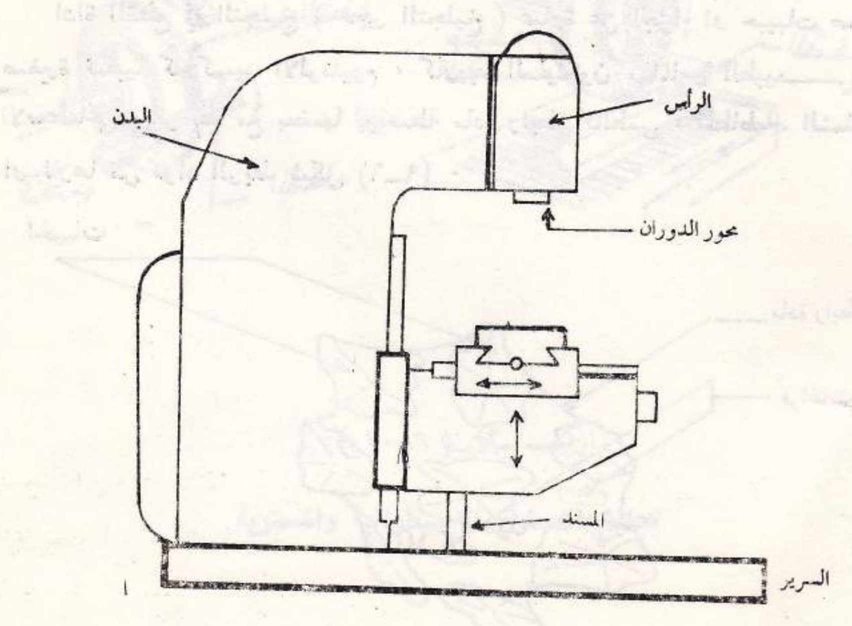


شكل (٦-٧) التفريز الاعتيادي والمتسلق

وهنالك عملية تفريز افقية حيث توجد حدود القطع (اسنان القطع) على محيط اداة القطع او تفريز رأسي (عمودي) وتوجد حدود القطع في هذه الحالة على وجه عدة القطع ٠

كما ان هنالك تفريز اعتيادي شكل (أ) وتفريز متسلق شكل (ب) ومن عيوب التفريز الاعتيادي كثرة الاهتزازات التي تتولد اثناء عملية القطع كنتيجة للقوى الرافعة المتكررة والتي تؤثر على القطع اثناء التفريز ٠ ان هذه الاهتزازات تؤثر بدورها على جودة السطوح المشغلة ٠ اما بالنسبة للتفريز المتسلق فان اداة القطع تتحرك حركة معاكسة لحركة اداة القطع في التفريز الاعتيادية وتمتاز هذه الطريقة بقلة الاهتزازات اثناء عملية القطع بالاضافة لكون الرايش يتجمع خلف اداة القطع وليس امامها كما يحدث في التفريز الاعتيادي لذا فان هذه الطريقة لا تحتاج الى ازالة الرايش المستمر اثناء التفريز والذي قد يسبب نتيجة لتراكمه احيانا امام اداة القطع الى كسرها ٠





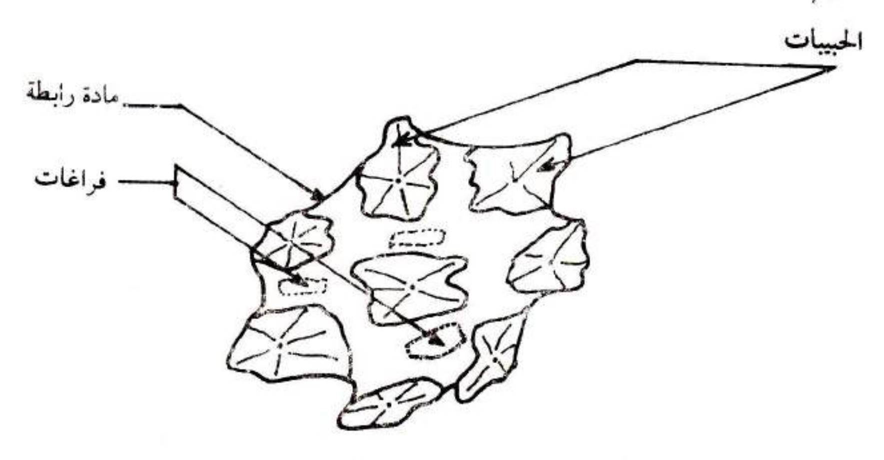
شكل (٦ـ٨) الفريزة الافقية والعمودية

والشكل (٦ـ٨) يبين الفريزة الافقية والفريزة العمودية ويتضح من الشكل بان هنالك تشابه كبير بين النوعين من هذه المكائن وان اختلفت التسمية ·

فالبدن يحتوي على الاجهزة التي تجهز اجزاء الفريزة المختلفة ، بالحركة ، ويستند البدن على السرير والذي يستند عليه ايضا المسند لحامل المقعد ·ويتحرك حامل المقعد حركة عمودية بواسطة منزلقات مثبتة على البدن بينما يتحرك المقعد حركة افقية اما المنضدة المثبتة على المقعد فتتحرك حركة افقية والتي تعتبر عمودية بالنسبة لحركة المقعد · ومن الجدير بالذكر بان هناك مكائن تفريز خاصة من الممكن ان تقوم بعملية التفريز الافقي ومن الممكن ان تقوم بالتفريز العمودي عند استبدال البعض من اجزائها ·

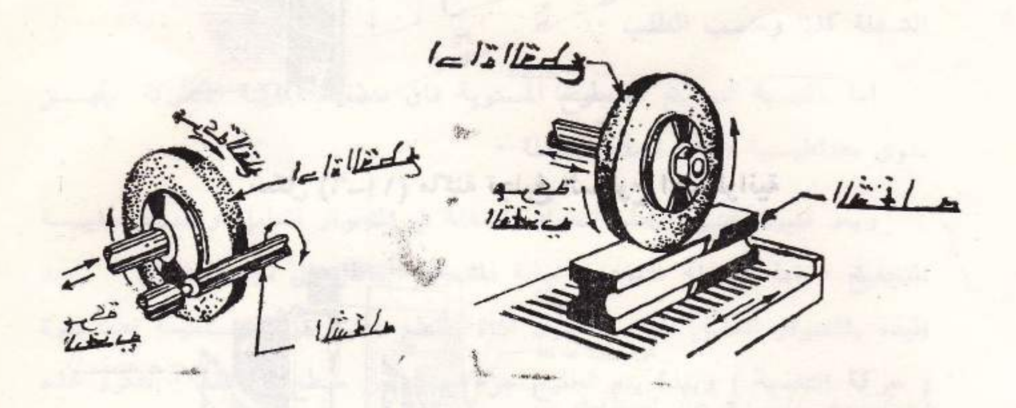
٦ـ٥ التجليخ ومكائن التجليخ : Grinding and Grinding Machines

اداة القطع في التجليخ (حجر التجليخ) عبارة عن اجزاء او حبيبات صلدة صغيرة نسبيا كاوكسيد الالومنيوم ، كاربيد السيلكون ، الماس الطبيعي او الاصطناعي ، ترتبط مع بعضها بواسطة مادة رابطة كالطمى ، المطاط ، الشليك او غيرها من مواد الربط شكل (٦ـ٩) ·



شكل (٦ـ٩) اداة (حجر) التجليخ

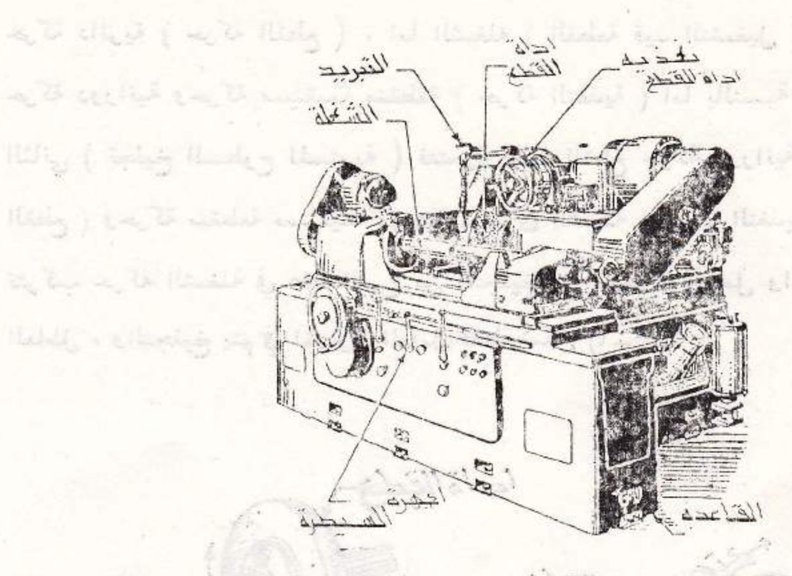
ومن الممكن تقسيم اهم عمليات التجليخ الى نوعين تنجز بواسطة مكـــائن خاصة معدة لهذا الغرض · فعند تجليخ السطوح الاسطوانية تتحرك اداة القطع حركة دائرية (حركة القطع) ، اما الشغله (القطعة قيد التشغيل) فتتحرك حركة دورانية وحركة مستقيمة متقطعة (حركة التغذية) اما بالنسبة للنـــوع الثاني (تجليخ السطوح المستوية) فتتحرك اداة القطع حركة دورانية (حركة القطع) وحركة متقطعة مستقيمة موازية لمستوى الشغلة (حركة التغذية) بينما تتركب حركة الشغلة في هذا النوع من التجليخ من المشوار العامل والمشـــوار العاطل ، والتجليخ يتم في المشوار العامل فقط شكل (٦ـ١٠) ·



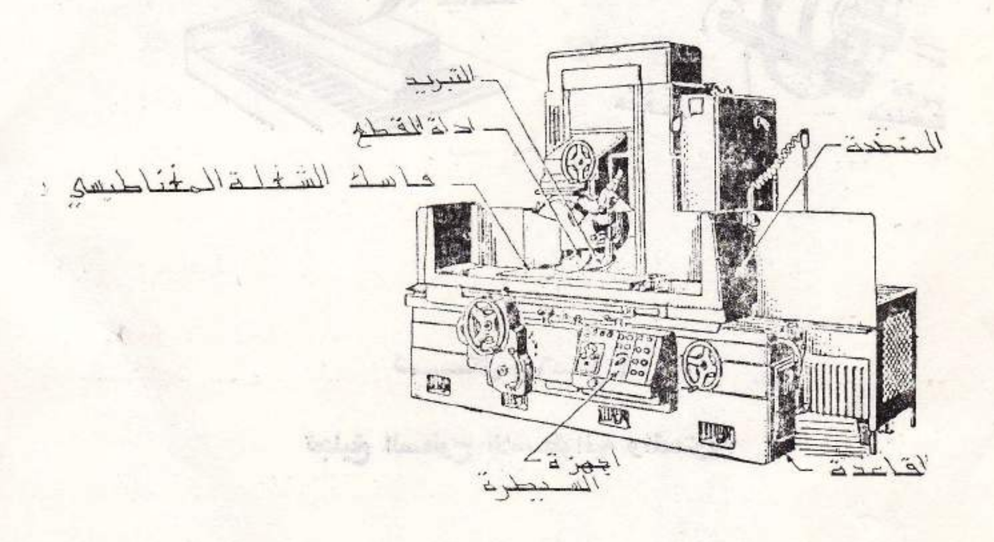
شـــكل (٦ـ١٠)

تجليخ السطوح الاسطوانية والمستوية

يلاحظ في الوهلة الاولى بان هنالك اختلافا كبيرا بين ماكنة تجليخ السطوح الاسطوانية ، شكل (٦ـ١١) وماكنة تجليخ السطوح المستوية الشكل (٦ـ١٢)٠



شكل (٦ـ١١) ماكنة تجليخ السطوح الاسطوانية



شكل (٦ـ١٢) ماكنة تجليخ السطوح المستوية

ولكن اسس عمل هذه المكائن متشابه فان حركة المحرك تنتقل الى كافة اجزاء ماكنة التجليخ بواسطة اجهزة خاصة وتزودها بالحركات الدورانية والحركات المستقيمة المتقطعة كما انه من الممكن تغير كافة هذه الحركات وحسب متطلبات عملية التجليخ . فعند تجليخ السطوح الاسطوانية تربط الشغلة بين مركزين يتيحان للشغلة الحركة الدورانية . ثم تقرب اداة التجليخ والتي تدور بسرعة عالية جدا من الشغلة وحسب عمق القطع المطلوب والذي لايتجاوز عادة البعض من اجزاء المليمتر . وعند ذلك تبدأ عملية تجليخ سطح الشغلة الذي يكون بتماس مع اداة القطع ومن ثم تتحرك الشغلة ذاتيا حركة مستقيمة ولمسافة قصيرة (حركة التغذية) وذلك ليتسنى وضع جزء جديد من سطح الشغلة في تماس مع اداة القطع . تستمر هذه العملية لحين انتهاء تجليخ سطح الشغلة كليا وحسب الطلب .

اما بالنسبة لتجليخ السطوح المستوية فان منضدة الماكنة المتحركة تجهز بقوى مغناطيسية وذلك لمسك الشغلة .

وبعد تثبيت عمق القطع تتحرك الشغلة في المشوار العامل وتحدث عملية التجليخ . اما الشغلة فتعود في نهاية المشوار العاطل الى موقعها الاول . وعند البدء بالمشوار العامل الثاني تتحرك اداة القطع ذاتيا حركة مستقيمة قصيرة (حركة التغذية) وبهذا يتم تجليخ جزء جديد من سطح الشغلة . تتكرر هذه العملية الى ان تنتهي عملية تجليخ السطح المطلوب .

ان القطع المنتجة بالتشغيل تنجز عليها عملية واحدة او اكثر من العمليات المذكورة سابقا وفي الكثير من الاحيان وخاصة عند تكرر انتاج قطعة معينة بشكل دوري منتظم يلجأ المصممون الى جمع اكثر من عملية واحدة في ماكنة واحدة وعلى هذا الاسساس يتم انتاج القطعة باستخدام ماكنة واحدة وان تعددت واختلفت العمليات الجارية عليها ولكن هذا قد ادى الى تعقيد هذه المكائن كما ذكر سابقا ولكن عمليات التشغيل المنجزة بواسطتها تبقى معتمدة على الاسس التي تم عرضها بصورة مختصرة في هذا الفصل .

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما المقصود بتشغيل المعادن ؟ وما هي اهم عمليات التشغيل ؟

س٢ : ما هي اهم العوامل التي تؤثر على تشغيل المعادن ؟

س٣ : عرف ما يأتي :

الرايش ، سرعة القطع ، عمق القطع ، التغذية

س٤ : اشرح مستعينا بالرسم احد العمليات التالية :

أ ــ الخراطة

ب ــ الثقب

ج ــ التفريز

د ــ القشط

هـ ــ التجليخ

س٥ : ارسم مخطط بسيط للمخرطة مبينا الاجزاء الرئيسية ودور هذه الاجزاء في عملية الخراطة ·

س٦ : ارسم مخطط بسيط يبين المثقب مع اجزائه الرئيسية واشرح باختصار دور اهم هذه الاجزاء في عملية الثقب ·

س٧ : بين اهم نقاط الاختلاف بين عملية القشط والخراطة ·

س٨ : ارسم مخطط بسيط يبين اهم اجزاء المقشطة ودور هذه الاجزاء في عملية القشط ·

س٩ : ما الفرق بين التفريز الاعتيادي والتفريز المتسلق ؟ وضح اجابتك مستعينا بالرسم ·

س١٠ : ارسم مخطط لاحد المكائن التالية مبينا اهم الاجزاء

أ ــ الفريزة الافقية

ب ــ الفريزة العمودية

س١١ : ارسم مقطع في حجر التجليخ مبينا اهم اجزائه • ماهي اهم المواد التي تستعمل في صنع حجر التجليخ ؟

س١٢ : ماالفرق بين ادوات القطع المستخدمة في العمليات التالية :

أ ــ الخراطة

ب ــ التفريز

ج ــ التجليخ

س١٣ : قارن بين عملية تجليخ السطوح الاسطوانية والمستوية مستعينا بالرسم•

س١٤ : ما المقصود بالمشوار العامل والمشوار العاطل ؟ اذكر اهم عمليات التشغيل التي تشترك في مثل هذه التسميات •

الفصل السابع

(عمليـــات السـبـاكة)

Casting Processes.

الفصل السابع

(عمليـــات السـباكة)

Casting Processes.

ان مصطلح « التشكيل » سوف يستعمل في هاذالكتاب للدلالة على العمليات التي تجرى على المعادن والسبائك لغرض اكسابها اشكالا او هيئة معينة ومطلوبة، باحدى الاساليب المناسبة للتشكيل التي سوف تناقش لاحقا . وتجرى معظم هذه العمليات عادة بدون ازالة جزء من المعادن او السبائك قيد التشكيل . وهي تتميز بذلك عن عمليات « التشغيل » والتي تعنى اكتساب الهيئة او الشـــكل المطلوب بواسطة عمليات القطع والازالة المنجزة في معامل التشغيل باستعمـــال العدد والالات المختلفة مثل العدد اليدوية (المبرد والمنشار والمقشطة اليدويـــة .. الخ) او العدد الالية مثل ماكنة الخراطة وماكنة الفريزة وما شابه (كما تم شرحه سابقا) .

ان المعادن والسبائك لدى انتاجها من الخامات او صناعتها بالسباكة تتواجد في الحالة السائلة ثم يجري تشكيلها اما مباشرة ، او بواسطة احدى عمليات السباكة التي سوف تشرح لاحقا ، الى منتوجات منجزة ونهائية ، تســـمى بالمسبوكات ، او انها تصب في قوالب خاصة لا تمثل الشكل او الهيئة النهائيـة المطلوبة ، والتي تعتبر كخطوة اولى لغرض انتاج المنتوجات النهائية منهـا بواسطة عمليات التشكيل المختلفة الاخرى التي سوف تشرح لاحقا . وتسمى هـــذه الاخيرة بالمسبوكات الاولية .

(راجع باب انتاج المعادن) .

لذا فانه بالامكان تقسيم عمليات التشكيل الى قسمين رئيسيين :

١ ـ عمليات التشكيل في الحالة السائلة ، وتشمل عمليات السباكة بأنواعها .

٢ ـ عمليات التشكيل في الحالة الجامدة ، وتشمل جميع عمليات تشـــكيل المسبوكات الاولية ، التي يمكن تصنيفها كما يلي :

أ ـ تشكيل المسبوكات الاولية بعمليات التشكيل على الساخن .

ب ـ تشكيل المسبوكات الاولية بعمليات التشكيل على البارد .

وهناك عمليات تشكيل خاصة تتميز بسمات معينة عن العمليات المذكـورة اعلاه ، وتشمل عمليات تشكيل مساحيق او دقائق المعادن او التشكيل تحـت الضغوط العالية او باستعمال المتفجرات ٠

عمليات التشكيل الخاصة سوف تشرح باختصار في نهاية هذا الباب ٠

٧ـ١ عمليات السباكة : Casting Processes

تعتبر عمليات السباكة من اقدم العمليات المعروفة لتشكيل المعادن في الحالة السائلة ٠ وبالرغم من التطور الذي حصل في هذا المجال خلال السنوات الاخيرة، فان عمليات السباكة الرملية (السباكة في قوالب رملية) التي تمثل اقدم انواع عمليات السباكة ، مازالت تستعمل بشكل واسع لصناعة مختلف المنتوجات ٠

والسباكة الرملية عبارة عن صب او سبك المعادن او السبائك المعدنيـة في قوالب مصنوعة من الرمل تمثل هيئة او شكل القطعة المراد سباكتها ٠ لـذا فان عملية السباكة الرملية تتضمن الخطوات الاساسية التالية :

١ ـ صناعة او اعداد القالب الرملي ٠

٢ ـ صهر المعادن وصبه في القالب الرملي ، اخراج المسبوك من القالب الرملي بعد انجماد المعدن ٠

٣ ـ تنظيف المسبوك واعداده للاستعمال ٠

٤ ـ عيوب مسبوكات السباكة الرملية ، الكشف عنها ، تفاديها وامعالجتها ٠

فيما يلي شرح مفصل بعض الشيء لكل من هذه الخطوات ٠

٧ـ١ـ١ـ صناعة او اعداد القالب الرملي : Making the Sand Mould

وهذه تشمل ما يلي :

أ ـ اختيار الرمل او مزيج من الرمال واعدادها لصناعة القالب الرملي وذلك بعد اجراء الاختبارات اللازمة لمعرفة صلاحيتها ٠

ب ـ صناعة النموذج وتتضمن اعداد نموذج خشبي او معدني يمثل شكل أو هيئة القطعة المراد سباكتها وتصنع عادة من جزئين او جزء واحد استنادا على هيئة او شكل القطعة ·

جـ ـ صناعة القالب الرملي في صندوق المقالبة · وتتضمن تكوين فراغ في القالب الرملي يماثل هيئة القطعة المراد سباكتها بالاضافة الى متطلبات صب المعدن المنصهر وانتاج مسبوك متكامل وخال من العيوب ·

أ ـ رمال السباكة : Casting Sand

انواع الرمال المستعملة في صناعة القوالب الرملية هي : رمل السليكا ، وهو عبارةر عن الرمل الطبيعي ذو التركيب الكيماوي (SiO_2) والذي يحتوي على كمية قليلة من الطين او الطمى والذي يقوم مقام المادة الرابطة لحبيبات الرمل ويمتاز هذا الرمل بما يلي :

١ ـ يقاوم درجات الحرارة العالية ·

٢ ـ يتوفر بحجوم حبيبية مختلفة ·

٣ ـ تكاليفه منخفضة نسبيا ·

الرمل الاصطناعي :

ويتكون من رمل السليكا الذي تضاف اليه مادة رابطة بمقدار حوالي ٤٪ ومن عيوب هذا الرمل انه يسبب المسامية الغازية في المسبوكات ، حيث انه يحتوي على مادة رابطة تحتوي بدورها على الرطوبة ومن اهم المواد الرابطة الكيولينايت والبنتونايت ·

الرمل السمنتي :

وهو خليط من الرمل الطبيعي والاسمنت والماء ويمتاز بصلادته ومقاومته العاليتين ، ولابد من تجفيف القالب المصنوع من هذا الخليط وذلك لتسريب

الرطوبة ولاكتساب القالب للصلادة والمقاومة ويستعمل هذا الخليط عـــادة لسباكة المسبوكات الثقيلة نسبيا ٠

اختبارات الرمل : Sand Testing.

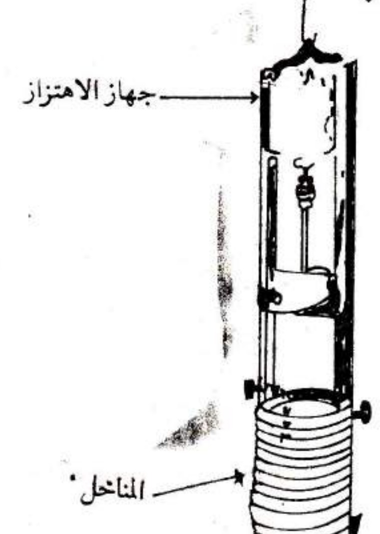
ان جودة المسبوك المصنوع بالسباكة الرملية يعتمد الى حد بعيد على مواصفات الرمل المستعمل ٠ ولغرض التحكم في هذه الجودة لابد من السيطرة على خواص الرمال المستعملة ، من هنا فانه من الضروري اجراء بعض الاختبارات على الرمل قبل استعماله لعمل المسبوكات المختلفة الحديدية منها (الحديد الزهر) واللا حديدية (المعادن اللا حديدية وسبائكها) على حد سواء ٠

فيما يلي سوف نتطرق الى بعض اختبارات الرمل مع بيان الخواص الجاري اختبارها ومدى تأثيرها على خواص مسبوكات السباكة الرملية سلبيا او ايجابيا٠

١ ـ اختبار درجة نعومة او خشونة حبيبات الرمل : Fineness Test.

ويجري هذا الاختبار على الرمل الجاف والخالي من المواد الرابطة او الرطوبة والغرض منه تحديد حجم حبيبات الرمل واختيار الحجم المناسب لعملية سباكـة معينة ٠ وبالامكان ادراك مدى اهمية هذه الاختبارات عند معرفة تأثير حجـــم حبيبات الرمل على مواصفات المسبوك الناتج ٠ على سبيل المثال ، الرمـــل الناعم الحبيبات يمتاز بانه ينتج سطحا للمسبوك املس وذو مظهر خارجي جيـــد بعكس الرمل الخشن الحبيبات ٠ من جهة اخرى فان الرمل الناعم يسبب انسداد المنافذ في القالب الرملي (الفراغات بين حبيبات الرمال) فيمنع بذلك تسرب الغازات وبخار الماء الى خارج القالب (انخفاض في النفاذية) مسببا ما يسمى بالفقاعات او المسامية الغازية في المسبوكات ، وهي من العيوب الشـــائعة في مسبوكات السباكة الرملية ٠ ومن الواضح ان الرمل الخشن يخفف من تكوين هذه المسامية لذلك فان تحديد حجم حبيبات الرمل واختيار الحجم المناســـب منه لمسبوك معين يؤثر على جودة المسبوك الناتج ويتم اختيار الحجم المناســـب

لحبيبات الرمل استنادا على معطيات مثل حجم المسبوك وميزاته السطحية المطلوبة . وقد يصار احيانا الى خلط حجوم مختلفة ناعمة وخشنة لغرض الوصول الى النتيجة المطلوبة . يجري الاختبار بواسطة عدد من المناخل القياسية ذات الفتحات المختلفة المقاسات تثبت المناخل عموديا اي الواحد فوق الاخر وتنازليا مع زيادة نعومة الفتحات على حامل يمكن تحريكه بواسطة محرك كهربائي يرتبط به . توضع كمية موزونة من رمل معين في المنخل العلوي ذو الفتحات الخشنة بعد التحريك او الاهتزاز لمدة معينة يصار الى ايجاد وزن كل كمية من الرمل المتبقي في كل منخل وتحتسب نسبتها المئوية من الوزن الكلي . ودرجة نعومة او خشونة الرمل هي عبارة عن معدل حجم حبيباته الذي يساوي مقاسات فتحات المنخل التي تنساب منها هذه الحبيبات ، الشكل (٧-١) يبين جهاز اختبار درجة النعومة .



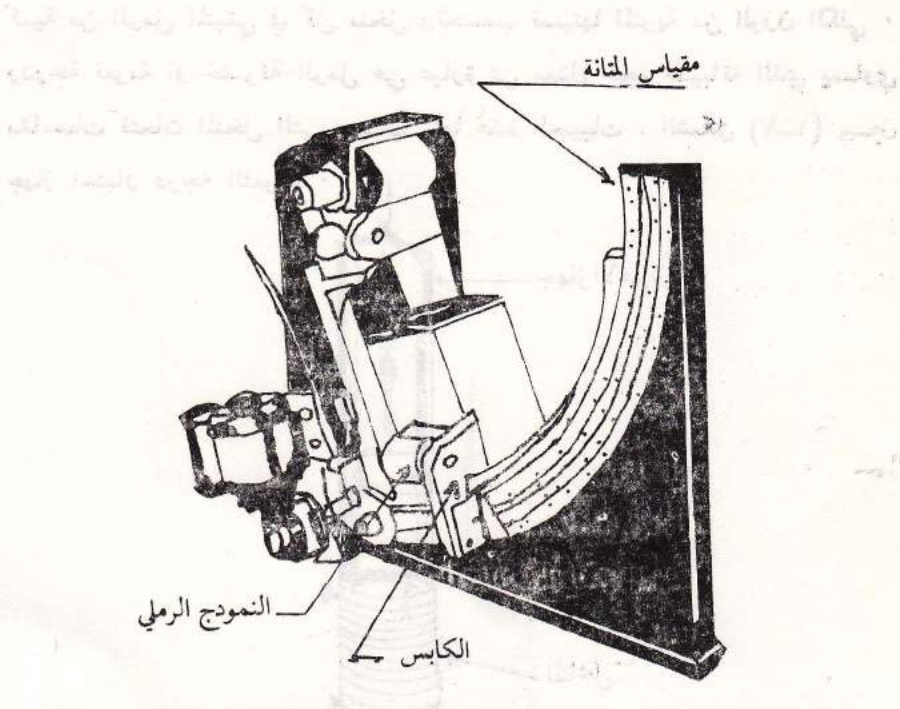
شكل (٧-١) جهاز اختبار درجة نعومة الرمال

٢ ـ اختبار مقاومة الرمل : Sand strength Test

ويستعمل هذا الاختبار لمعرفة قوة تماسك حبيبات الرمل مع بعضها وتستعمل لهذا الغرض نماذج قياسية من الرمل ذات شكل اسطواني بقطر يساوي (٥٤٫٨)

ملم وارتفاع او طول يساوي ايضا (٥٤٫٨) ملم وتعتمد نوعية الاختبار على نوع الجهود الاكثر حدوثا في القوالب الرملية ، حيث يمكن اجراء الاختبار تحت جهود الضغط او الشد او حتى جهود القص ·

ويعتبر اختبار مقاومة النموذج الرملي القياسي بين فكي جهاز ضغط ثم الضغط عليه بجهد معين الى ان ينهار او يتهشم · وتقاس مقاومة الانضغاط بوحدات كغم/ملم^2 جهاز اختبار المقاومة يظهر في الشكل (٧–٢) ·



شكل (٧–٢) جهاز اختبار مقاومة رمال السباكة

ومن الجلي انه بالامكان التحكم في مقاومة الرمل وذلك بزيادة كمية المادة الرابطة الا ان ذلك يؤثر سلبيا على قابلية النفاذية كما سنرى لاحقا ، وكذلك الحال مع زيادة نسبة الرطوبة ·

٣ ـ اختبار النفاذية (قابليةرمل القالبعلى تسريب الغازاتوالابخرة):
Permeability Test.

تعتبر قابلية رمل القالب على تسريب الغازات المتكونة نتيجة تماس المعدن المنصهر مع جدران القالب الرملي ، من اهم الخواص ، وهي تعتمد على مدى المسامية الموجودة في القالب الرملي ، التي تعتمد بدورها على حجم حبيبات الرمل وكمية الرطوبة والمواد الرابطة وتقاس النفاذية بالوقت اللازم لمرور كمية معينة من الهواء او الغاز خلال نموذج قياسي من الرمل (نفس النموذج المستعمل لاختبار المقاومة) **تحت ضغط ثابت** ٠

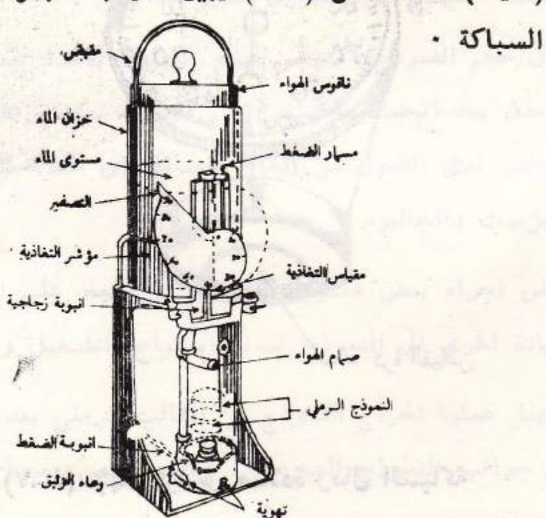
وتستعمل المعادلة التالية لاحتساب النفاذية :

$$\text{ن} = \frac{\text{ظ} \times \text{م} \times \text{و}}{\text{ح} \times \text{ع}}$$

حيث ن : رقم النفاذية ، ح = حجم الهواء (سم^3) ،

ع = ارتفاع النموذج الرملي ، ظ = ضغط الهواء (غم/سم^2) ،

م = مساحة مقطع النموذج الرملي (سم^2) ، و = الوقت اللازم لمرور الهواء (دقيقة) ، والشكل (٧ـ٣) يبين نموذجا لاجهزة قياس نفاذية رمال السباكة ٠

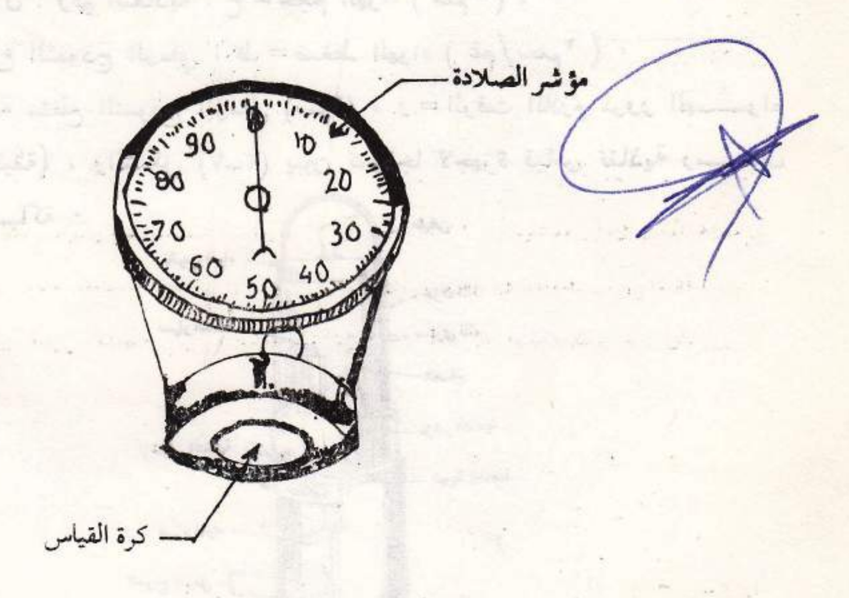


شكل (٧ـ٣) جهاز قياس نفاذية رمال السباكة

ويمكن التحكم في قابلية النفاذية عن طريق السيطرة على حجم حبيبات الرمل المستعمل وذلك باختبار حجم حبيبي اخشن يسمح بمرور الغازات بسهولة ، او بالتحكم في كمية الرطوبة والمواد الرطبة ، حيث ان الكميات المفروطة من هـذه الاضافات تقلل من قابلية رمل القالب على تسريب الغازات ٠

٤ ـ قياس صلادة الرمل : Sand Hardness Test.

وتقاس صلادة رمل القالب بواسطة جهاز يدوي صغير يشبه في عمله جهـاز قياس الصلادة المعتاد بطريقة روكويل او برينيل للمعادن ويتم ذلك بضغط كرة فولاذية ، بقطر حوالي ٥ ملم ومربوط بنابض على سطح رمل القالب وقيـاس عمق الاختراق الذي تتركه الكرة على هذا السطح ٠ ويقوم مؤشر مثبت في نهاية النابض بقياس عمق الاختراق الذي يدل على مقدار الصلادة ، والشـكل (٧ـ٤) يبين جهاز قياس صلادة الرمال ٠



شكل (٧ـ٤) جهاز قياس صلادة رمال السباكة٠

هذه اهم الاختبارات التي تجرى على رمال السباكة ٠

وهنالك اختبارات اخرى لا مجال للتطرق اليها مثل اختبار الرطوبة واختبار التقلص والتمدد نتيجة التسخين واختبار الانهيار ٠

ولا شك ان هذه الاختبارات تجرى على الرمال في الحالتين الرطبة او الجافة حيث ان القوالب الرملية تستعمل اما بحالتها الرطبة (الخضراء) او يتم تجفيفها قبل عملية صب المعادن (القوالب الرملية الجافة) ٠ ولاشك ايضا بأن مقادير الخواص الجاري اختبارها في الحالتين سوف تتباين بشكل كبير ٠ فنرى ان القوالب الرملية الجافة تمتاز بارتفاع مقاومتها وصلادتها وقابليتها على تسريب الغازات (النفاذية) ، لذا فهي تستعمل عادة للمسبوكات الثقيلة ٠

ب ـ صناعة النماذج : Pattern Making

النموذج هو جسم خشبي او معدني يستخدم لتشكيل فراغ في رمل القالب يماثل من حيث الشكل والحجم القطعة المراد سباكتها ٠

ويختلف النموذج عن المسبوك المنجز بما يلي :

١ ـ يكون حجم النموذج اكبر من حجم المسبوك بمقدار معين وذلك لموازنة تقلص المعدن بعد انجماده وتسمى هذه الزيادة بسماح الانكماش جميع المعادن تتقلص لدى التحول من الحالة السائلة الى الحالة الجامدة ، باستثناء البزموث والجاليوم ٠

٢ ـ لغرض اجراء بعض عمليات التشغيل والانجاز على المسبوكات ، تضاف زيادة اخرى الى النموذج تسمى بسماح التشغيل والانجاز ٠

٣ ـ لتسهيل عملية اخراج النموذج من القالب الرملي بعد تشكيله تضاف سلبية الى جوانب النموذج العمودية ، وهذه تسمى بسماح الميل او سماح التسليب ٠

٤ ـ تضاف نتوءات او بروزات الى النموذج الغرض منها تشكيل تجاويف او

فراغات معينة تستخدم لتثبيت القلوب داخل الفـــراغ في القالب الرملي (تستعمل القلوب فقط بالنسبة للمسبوكات المجوفة ، وتقوم بتشكيل الفراغ الذي يشبه شكل التجويف الموجود في المسبوك المراد سباكته ، كما ســـوف نشرح لاحقا) .

وتصنع النماذج ، حسب اشكال او هيئات القطع المراد سباكتها ، اما من جزء واحد او جزئين متناظرين ، والمواد المستعملة لصناعة النماذج هي انواع الاخشاب وبعض المعادن السهلة التشكيل والتشغيل وسبائكها . وهذه الاخيرة تمتاز بطول عمرها ، اي بارتفاع عدد مرات استعمالها . واهم المعادن المستعملة هي النحاس والالمنيوم والمغنسيوم وسبائكها ، وقد تستعمل ايضا بعض السائك الحديدية ، كما انه بالامكان صناعة النماذج من بعض انواع اللدائن لاستعمالات معينـــة .

ج ـ صناعة او تشكيل القالب الرملي : Making the Sand Mould.

بالامكان تلخيص العمليات الضرورية لاعداد قالب رملي لمســـبوك معـــين بالخطوات التالية :

١ ـ تحضير رمل السباكة . يخلط الرمل المراد استعماله بالمواد الرابطة مثـل الطمى او مسحوق الفحم او الانواع الاخرى من هذه المواد ، ثم تضـاف اليه كميات معينة من الماء . ويخلط هذا المزيج خلطا جيدا بواســـطة خلاطة الرمل الشبيهة بخلاطة السمنت .

٢ ـ نفترض ان القطعة المراد سباكتها عبارة عن اسطوانة مجوفة ، يعد النموذج الخشبي او المعدني بعد اخذ السماحات المذكورة اعلاه بنظر الاعتبار ثـم يقسم الى نصفين متناظرين .

ويكون النموذج مصمطا ولا يحتو ي على التجويف الموجود في الاسطوانة المراد سباكتها . ولسهولة تثبيت النصفين بصورة جيدة على بعضهما ، تحفر في الوجه المسطح لاحد النصفين ثقوب قليلة العمق ، وتثبت على وجه النصف الاخر اقلام او بروزات تستقر في هذه الثقوب .

٣ ـ يوضع نصف النموذج الحاوي على الثقوب مقلوبا على لوحة المقالبة الخشبية ويوضع حوله النصف السفلي من صندوق المقالبة ، وهذه عبارة غالبا عن صناديق من الصلب او الحديد الزهر مفتوحة من الاعلى والاسفل ومقسمة الى نصفين متناظرين (سفلي وعلوي) وينطبقان على بعضهما تماما ، ويمكن تثبيتهما باستعمال اللوالب والصامولات ٠

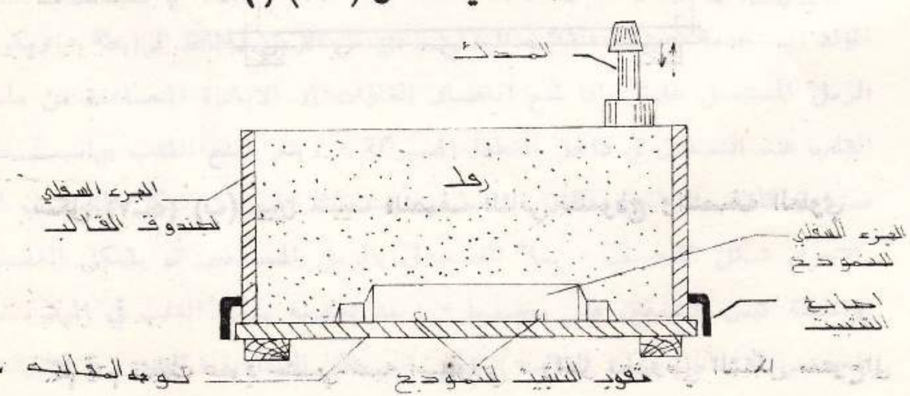
٤ ـ يأتي بالرمل المعد مسبقا ويوضع حول نصف النموذج في صندوق المقالبة ، ويرك ركا خفيفا حول نصف النموذج ٠

ويستعمل للرمل المحيط بالنموذج مباشرة رمل حديث التحضير ولم يسبق استعماله ويسمى برمل المواجهة او رمل الوجه ٠ والمطلوب منه ان يستنسخ جميع تفاصيل النموذج بدقة ٠

ما تبقى من الفراغ في صندوق المقالبة يملأ بواسطة ما يسمى برمل الملىء او رمل الحشو ٠ ويتم رك هذا الرمل ركا جيدا باستعمال عدة خشبية عادة ، تسمى بالمدك ٠

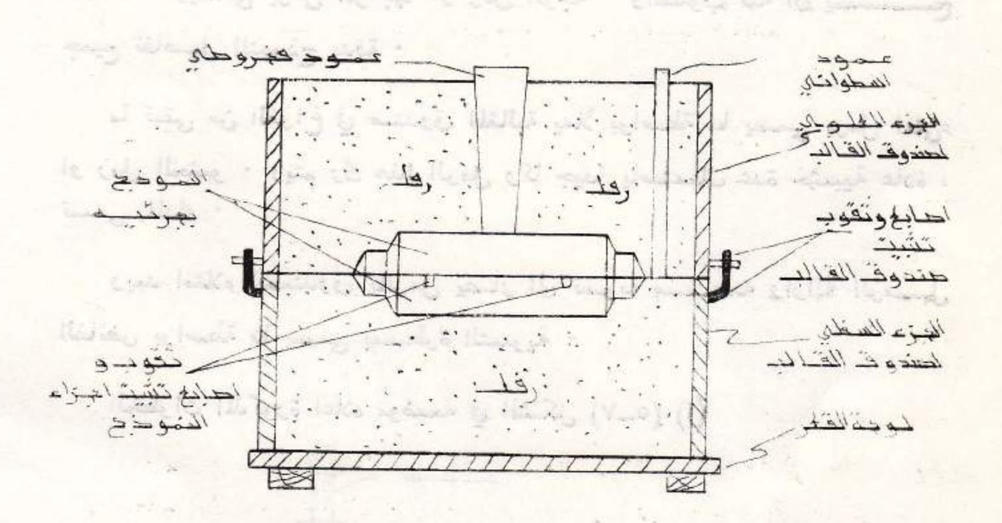
وبعد امتلاء الصندوق بالرمل يصار الى تسوية سطحه وازالة الرمل الفائض بواسطة ما يسمى بمسطرة التسوية ٠

الخطوات المذكورة اعلاه موضحة في الشكل (٧ـ٥) (آ)



شكل (٧ـ٥) (آ) يبين اعداد النصف السفلي من صندوق المقالبة

٥ ـ يقلب نصف الصندوق السفلي رأسا على عقب مع لوحة المقالبة الخشبية وتوضع على لوحة خشبية ثابتة او على مائدة المقالبة وترفع اللوحة الخشبية الاولى ، ثم ينظف سطح النموذج لغرض تثبيت النصف الثاني من النموذج عليه . وينظف سطح القالب السفلي بكامله ويرش عليه مسحوق الفحم او كمية من الرمل الناعم وذلك لمنع التصاقه بالنصف العلوي من القالب . ثم يوضع النصف الثاني من النموذج بحيث ينطبق على النصف الاول بواسطة اقلام التثبيت ويوضع النصف العلوي من صندوق المقالبة على نصفه السفلي ، الشكل (٧ـ٥) (ب) .



شكل (٧ـ٥) (ب) يبين تثبيت النصف الثاني للنموذج والنصف العلوي

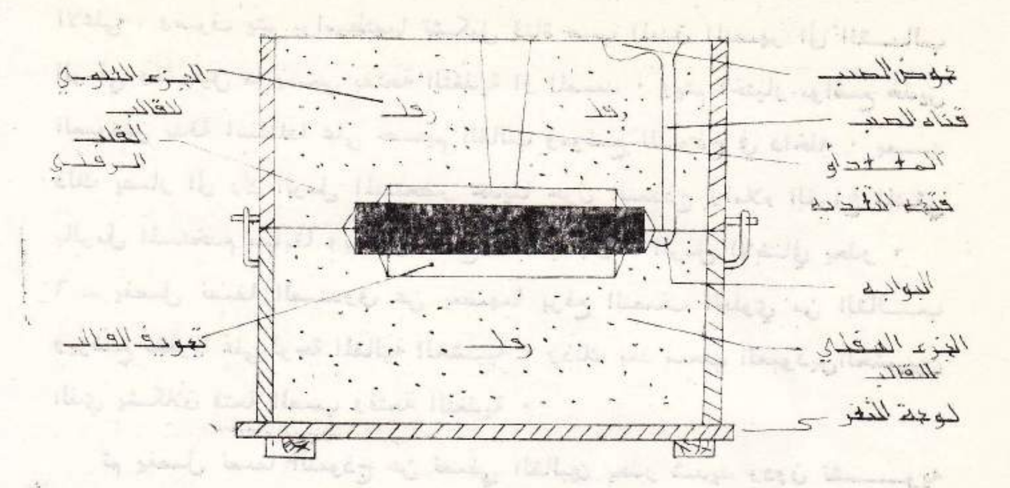
ثم يتم تثبيت عمود خشبي شبه اسطواني ، واخر مخروطي الشكل مفتوح الى

الاعلى ، وسوف يتم بواسطتهما تشكيل قناة صب المعدن المنصهر الى القالب الرملي وتشكيل ما يسمى بفتحة التغذية او المصعد • ويتم اختيار مواضع هذين العمودين بدقة استنادا على تصميم القالب وموضع النموذج في داخله • بعد ذلك يصار الى رك الرمل المستحضر حديثا حول النمذذج واملاء الفراغ المتبقي بالرمل المستخدم سابقا ويسوى سطح القالب بازالة الرمل الاضافي بحذر •

٦ ـ يفصل نصفا الصندوق عن بعضهما برفع النصف العلوي من القالب ويوضع مقلوبا على لوحة المقالبة الخشبية • وذلك بعد سحب العمودين الخشبيين الذي يشكلان فتحة الصب وفتحة التغذية •

ثم يفصل نصفا النموذج عن نصفي القالبين بحذر شديد ودون تشويه القالب الرملي • ويصار احيانا الى تثبيت مسامير فيهما لتسهيل اخراجهما من القالب • ثم يحفر مجرى يصل بين النهاية السفلية لقناة الصب وبين الفراغ الذي يتخلف بعد سحب نصفي النموذج والذي يشكل جسم المسبوك فيما بعد •

٧ ـ نظرا لكون القطعة المراد سسباكتها مجوفة ، لذا لابد من الحصول على تجويف في داخل الفراغ في القالب الرملي يماثل التجويف الموجود في القطعة • ويتم عمل ذلك بواسطة ما يسمى بالقلب • والقلب في المثال قيد الشرح ، عبارة عن جسم رملي يماثل شكل التجويف المطلوب عمله • ويصنع عادة من نفس المواد المستخدمة لصناعة القالب الرملي ، اي من الرمل والمادة الرابطة • ويكون الرمل المستعمل عادة جافا لمنع انحصار الغازات او الابخرة المتصاعدة من مادة القلب عند التسخين في داخل القطعة المسبوكة • ويتم صنع القلب بواسطة صندوق القلب ، الذي يتكون من نصفين بينهما فراغ يمثل شكل القلب او بالاحرى شكل التجويف ، يملأ الصندوق بالرمل المستحضر ثم يشكل القلب بواسطة كبس النصفين على بعضهما • وبعد تجفيفه يثبت القلب في الموضع المخصص له داخل فراغ القالب الرملي بعد حفر التجاويف الضرورية لتثبيته داخل الفراغ • بعد تثبيت القلب في موضعه يغلق نصفي الصندوق غلقا محكما، فيتكون الفراغ وفي وسطه القلب الرملي •



شكل (٧ـ٥) (ج) القالب الرملي معدا للصب

٧ـ١ـ٢ صهر المعدن او السبيكة والصب في فراغ القالب الرملي :
Melting and Pouring

وهذه الافران اما تستعمل لاعادة صهر المعادن والسبائك الجامدة ، او تستعمل لانتاج المعدن او السبيكة ونقلها الى مكان الصب في القوالب الرملية (على سبيل المثال ، فرن الدست ـ باب انتاج المعادن) ٠

يتم صهر المعادن والسبائك في افران خاصة بالمسابك ٠

وقبل صب المعدن المنصهر في القالب الرملي ، وتأمينا لانسياب المعدن المنصهر بهدوء الى داخل فراغ القالب دون تشويه جدران القالب او جدار قناة الصب ، يتم حفر حوض حول فتحة قناة الصب ، بحيث ان المعدن يصب اولا في هذا الحوض ، الذي يسمى بحوض الصب ، ثم ينساب بهدوء مخترقا الصب والمجرى الى داخل الفراغ ٠ وتستمر عملية الصب الى ان يمتلأ القالب تماما ويرتفع المعدن المنصهر في فتحة التغذية او المصعد مؤشرا امتلاء القالب ٠ وتعتبر فتحة التغذية او المصعد من الاجزاء العامة للقالب الرملي لانها تقوم بالمهام التالية :

أ ـ تعمل على تسريب الغازات والابخرة المتصاعدة الى الجو الخارجي ٠

ب ـ تعمل على تغذية الفراغ بالمعدن المنصهر لمعادلة الانكماش الذي يحصل عند انجماد المعدن ٠

جـ ـ تتجمع فيها المواد غير المرغوبة فيها ، مثل الخبث والشوائب ، حيث ترتفع الى الاعلى بسبب قلة وزنها النوعي ، وتتجمع في فتحة التغذية ثم يتم التخلص منها بقطع العمود الذي يمثل هذه الفتحة في المسبوك المتجمد ٠

بعد صب المعدن في القالب يترك القالب لفترة كافية لانجماد المعدن فيه ، ثم يصار الى فتح صندوق المقالبة ويزال الرمل المحيط بالمسبوك وكذلك رمل القلب ٠

٧ـ١ـ٣ـ تنظيف المسبوك واعداده للاستعمال : Cleaning of Casting.

ويشمل الخطوات التالية :

أ ـ قطع الاجزاء الاضافية من المسبوك التي تكونت بسبب تصاميم فتحة الصب وفتحة التغذية والمجرى ٠ ويتم القطع بواسطة المنشار او اقراص التجليخ او القطع بواسطة الاوكسي استيلين ٠

ب ـ تنظيف سطوح لمسبوك الداخلية والخارجية من حبيبات الرمل اللاصقة به نتيجة الحرارة العالية وايضا من طبقة الاوكسيد التي قد تتكون عليها٠ ولهذا الغرض تستعمل اجهزة الرش بحبيبات الرمل او بالكريات المعدنية ٠

جـ ـ بعض المسبوكات (استنادا الى مجالات استعمالها) تحتاج الى انجاز سطحي او مظهر خارجي جيد ٠

ويتم تحسين الانجاز السطحي اما بالمعاملة بواسطة المحاليل الكيمياوية او بالتشغيل او الطلاء ٠

٧ـ١ـ٤ـ عيوب مسبوكات السباكة الرملية ٠ تفاديها ومعالجتها والكشف عنها : Casting Defects ·

هناك عدد كبير من العيوب التي تحدث في مسبوكات السباكة الرملية التي تستوجب اعتبار المسبوك فاشلا عند كون العيوب ذات تأثير بالغ على استعمال المسبوك ، او انها تستوجب العمل على معالجة هذه العيوب ٠ ونظرا لكون معظم هذه العيوب متعلقة بكيفية تصميم القالب الرملي وبخواص الرمل المستعمل ، او بالشكل الهندسي للقطعة المراد صبها ، او عملية صب المعدن في القالب الرملي ، لذا فانه بالامكان ، بالتحكم الجيد بتصميم القالب واختيار الرمل المناسب واتباع طريقة ملائمة لصب المعدن واجراء بعض التغيرات الطفيفة على الشكل الهندسي ، السيطرة على هذه العيوب وتفادي حدوث معظمها ٠ فيما يلي سوف نتطرق الى عدد من العيوب الشائعة في مسبوكات السباكة الرملية مع تعليل اسباب حدوثها والعمل على تفاديها او معالجتها بالاضافة الى شرح مبسط عن كيفية الكشف عنها :

أ ـ عيوب المسبوكات :

أ ـ التزحف ـ والمقصود به هو عدم التطابق بين نصفي المسبوك الناتج عند استعمال النماذج المتكونة من نصفين ٠

والاسباب هي (١) عدم تطابق نصفي النموذج تطابقا تاما لدى عمل القالب الرملي (٢) عدم تطابق نصفي صندوق القالب او ازاحة احدهما عن الاخر (العلوي عن السفلي عادة) وذلك بسبب عدم احكام الغلق وامكانية ازاحة النصف العلوي بالضغط الناتج من امتلاء القالب بالمعدن المنصهر ويمكن تفادي هذا العيب بالتحكم الجيد في صناعة النماذج والغلق المحكم لصندوق القالب بوضع الاثقال عليه قبل صب المعدن ٠

٢ ـ الانتفاخ ـ وهو عبارة عن اتساع فراغ القالب الرملي بسبب الضغط الناتج من المعدن المنصهر ٠ والانتفاخ قد يكون موضعيا او عاما يشمل فراغ القالب الرملي بكامله ٠

ويتسبب الانتفاخ عن (١) عدم رك الرمل في القالب بصورة جيدة او (٢) صب المعدن بصورة سريعة الى الفراغ · والمعالجة تستنج هنا من اسباب العيوب نفسها · الا انه من الضروري ملاحظة ان الرك الشديد لرمل القالب قد يسبب انخفاضا في قابلية القالب على تسريب الغازات ، كما سوف نشرح لاحقا ·

٣ ـ فجوات الانكماش ـ فجوة الانكماش هو الفراغ الناتج عن تقلص المعدن خلال الانجماد · ويجري التخلص منها بواسطة التصميم الجيد لفتحة التغذية من حيث الحجم والموضع بالنسبة للقالب · وبالنسبة للمسبوكات الثقيلة اي الكبيرة الحجم لابد من عمل عدة فتحات للتغذية لتأمين تزويد فراغ القالب الرملي بالمعدن المنصهر بصورة مستمرة لتفادي حدوث فجوات الانكماش ·

٤ ـ الفجوات الغازية ـ تتكون هذه الفجوات نتيجة انغلاق او انحصار الغازات داخل المعدن المنصهر في فراغ القالب الرملي · وقد تتكون الفجوات الغازية على شكل فجوة غازية كبيرة في داخل المسبوك او على شكل مسامية غازية على سطح المسبوك او في داخله ·

وأسباب تكون الفجوات الغازية عديدة منها :

(أ) الرطوبة العالية ، والرك المفرط لرمل القالب اللذان يسببان انخفاضا في قابلية النفاذية ·

(ب) ارتفاع كمية الغازات المذابة في المعدن المنصهر والتي قد تتحرر اثناء الانجماد مسببة الفجوات الغازية ·

(جـ) عدم توفر التنفيس الجيد للقالب الرملي (فتحات التنفيس هي عبارة عن قنوات دقيقة نسبيا يزود بها القالب الرملي لغرض تسريب الغازات)·

ويمكن التحكم في حدوث الفجوات الغازية بواسطة السيطرة على كمية الرطوبة (تجفيف القوالب والقلوب) والرك الخفيف للرمال وخاصة بالنسبة للنصف العلوي منه والذي لا يحمل ثقلا يذكر ، وايضا بواسطة عمل فتحات التنفيس للقالب الرملي والتقليل من كمية الغازات المذابة في المعدن المنصهر ·

٥ ـ السطح الخشن :

وتنتج الخشونة في سطح المسبوكات نتيجة استعمال الرمل الخشن الحبيبات او الرك الخفيف جدا لرمل القالب ويمكن تفاديه باستعمال الحجم المناسب من حبيبات الرمل على الاقل للرمل اللاصق بالنموذج مباشرة او باستعمال الرك المناسب لرمل القالب ٠

هنالك انواع اخرى كثيرة من عيوب مسبوكات السباكة الرملية قد لا تدخل ضمن المطلوب من هذا الكتاب او ان اسباب حدوثها تتعلق بمواضيع لا مجال لشرحها في هذا المجال ٠ ومن هذه العيوب الانفصال بانواعه والحجم الحبيبي الكبير والجهود المتبقية ٠ واخيرا لابد من الاشارة الى ان الحصول على مسبوك خال كليا من العيوب ليس بالامر السهل ، لاسيما اذا اخذنا بنظر الاعتبار بان معالجة عيب معين قد تؤدي بحد ذاتها الى خلل في معالجة عيب اخر ٠

ب ـ الكشف على المسبوكات :

يجري الكشف على المسبوكات عادة بعد عمليات التنظيف وتنقسم الاساليب المستعملة للكشف الى مجموعتين :

١ ـ الكشف الاتلافي ـ ويتضمن اختبار الخواص الميكانيكية مثل المقاومة والصلادة والمطيلية وما شابه ٠ وتجري الاختبارات عادة على نماذج تقطع من المسبوكات نفسها باستعمال اجهزة الاختبار الانف ذكرها في باب الخواص الميكانيكية للمعادن ٠

٢ ـ الكشف اللا اتلافي ـ ويتضمن الكشف عن العيوب مثل ٠ الفجوات الغازية وفجوات الانكماش ٠ وهناك اساليب عديدة لهذا النوع من الكشف ، نلخص فيما يلي قسما منها :

أ ـ الفحص المجهري ـ ويستعمل للكشف عن حجم وشكل البلورات او الحبيبات الموجودة في المسبوكات والكشف عن بعض العيوب المرتبطة بالطبيعة الفيزياوية للمعادن والسبائك ٠

ب ـ الكشف بالاشعة السينية ـ ويستعمل للكشف عن العيوب الداخلية مثل فجوات الانكماش والفجوات الغازية الداخلية ·

ج ـ الكشف بالجسيمات المغناطيسية ـ ويستعمل للكشف عن التشققات الدقيقة والمسامية الغازية على سطوح المسبوكات ·

د ـ الكشف بالموجات فوق الصوتية ـ ويستعمل عادة للكشف عن العيوب الداخلية للمسبوكات مثل الشوائب او حبيبات الرمل المنغلقة في داخل المسبوكات وكذلك الفجوات المختلفة ·

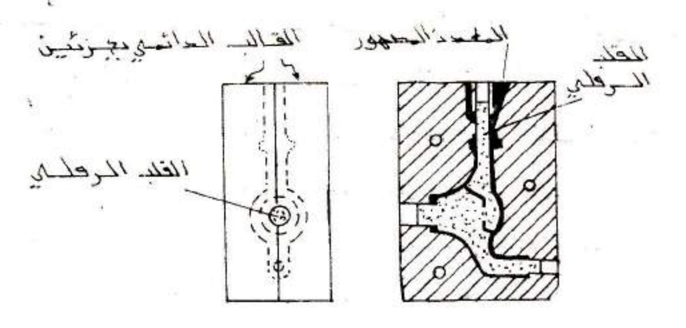
٧ـ١ـ٥ نبذة عامة عن اساليب السباكة الاخرى :
Other Casting Processes.

لقد حدثت تطورات هامة في اساليب السباكة خلال الخمسين سنة الاخيرة · وتشمل هذه التطورات اساليب التقنية المستعملة والسباكة الالية واستحداث الاساليب الاكثر اقتصادية في انتاج المسبوكات بالاضافة الى التطورات التي حصلت في معظم اساليب السباكة لتحسين الخواص الميكانيكية والفيزياوية للمسبوكات · ان مجال هذا الكتاب لا يتسع للخوض في كل هذه التطورات ، الا ان نظرة عامة الى بعض اساليب السباكة الحديثة نوعا ما قد تعطي الطالب فكرة عن مدى هذه التطورات ·

فيما يلي بعض الاساليب الحديثة للسباكة والتي لكل اسلوب منها مزاياه ومجاله الخاص للاستعمال ، مع العلم ان كل اسلوب ينتج تحسينات معينة في خواص معينة ·

٧ـ١ـ٥ـ١ـ السباكة في القوالب الدائمية :
Permanent-Mould Casting.

وتعني سباكة المعادن في قوالب مصنوعة من بعض السبائك المعدنية · ومن السبائك المستعملة لصناعة هذه القوالب الصلب والحديد الزهر الرمادي وبعض سبائك الالمنيوم · ومن مزايا هذه الطريقة :



شكل (٧ـ٦) السباكة في القوالب الدائمية

أ ــ امكانية استعمال القالب الدائمي لعدد كبير من المسبوكات ٠

ب ــ امكانية السيطرة على مقاسات المسبوك بدقة اكبر مما في السباكة الرملية٠

جـ ــ الانجاز السطحي للمسبوكات يكون افضل من مسبوكات السباكة الرملية٠

د ــ اختفاء عدد من العيوب التي تحدث في مسبوكات السباكة الرملية ٠

واهم عيوب هذه الطريقة :

أ ــ محدودية انواع السبائك والمعادن الممكن سباكتها بهذه الطريقة استنادا على قابلية معدن القالب لتحمل درجات الحرارة العالية ٠

ب ــ ان الاختلاف في سرعة تبريد المعدن المنصهر يسبب بعض المشاكل مثل الجهود الحرارية التي قد تسبب التشققات (المعدن المنصهر الذي يلامس جدران القالب المعدني سوف يجمد بسرعة اكثر من المعدن الذي يكون بعيدا عن جدران القالب) ، والشكل (٧ـ٦) يبين اسلوب السباكة في القوالب الدائمية ٠

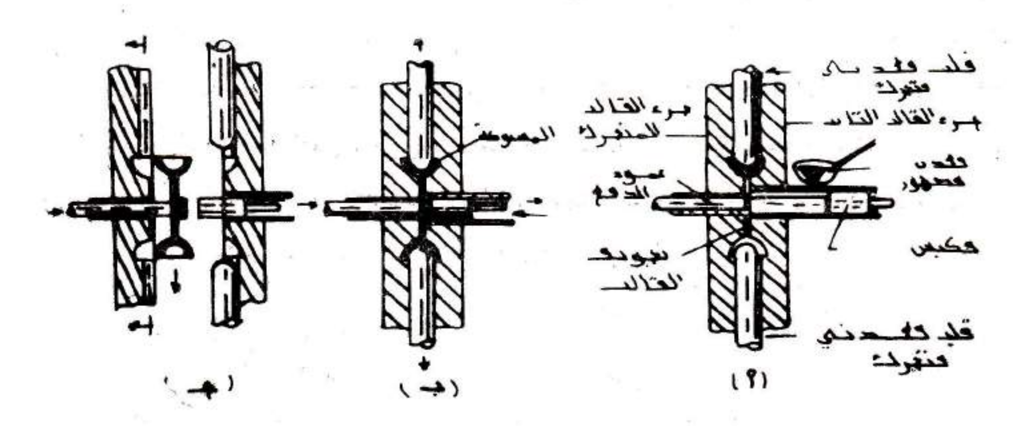
٧ـ١ـ٥ـ٢ـ السباكة في القوالب الدائمية تحت الضغط :
Pressure Die Casting

وهي شبيهة بالاسلوب المذكور اعلاه ، مع الاختلاف في ان المعدن المنصهر

سوف يضغط الى داخل فراغ القالب بواسطة مكبس يعمل تحت ضغط الهـواء او السوائل ومن المعادن والسبائك التي تسبك عادة بهذه الطريقة هي معـــادن الخارصين وسبائكه والالمنيوم والنحاس والرصاص وادناه بعض مزايا هـــذه الطريقة :

أ ـ الدقة العالية في المسبوكات مع سرعة عالية في الانتاج ·

ب ـ بالامكان سباكة المسبوكات الرقيقة المقاطع والمعقدة الاشكال ·



شكل (٧ـ٧) السباكة في القوالب الدائمية تحت الضغط

ج ـ تحسن عالي جدا في الانجاز السطحي للمسبوكات ·

د ـ اختفاء عدد اكبر من العيوب التي تحدث في السباكة الرملية ·

هـ ـ ارتفاع في مقاومة ومتانة المسبوكات ·

ومن عيوب هذه الطريقة :

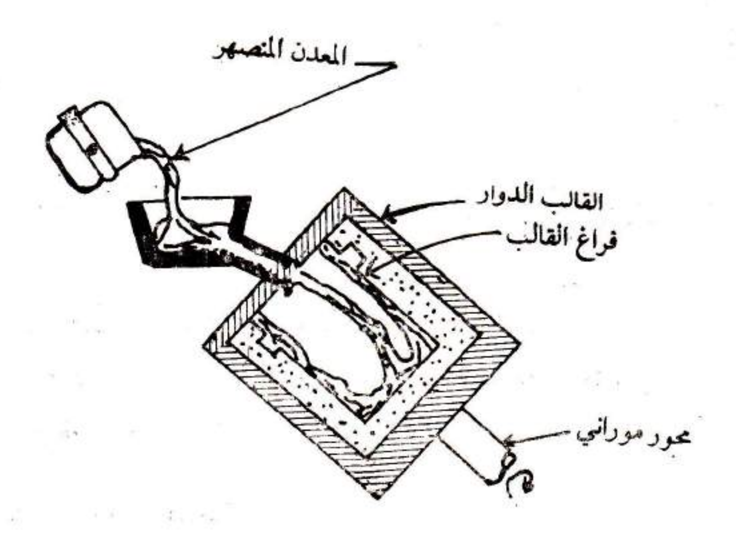
أ ـ ارتفاع تكاليف صناعة القوالب وصيانتها ·

ب ـ محدودية السبائك الممكن سباكتها بهذه الطريقة ·

ويبين الشكل (٧ـ٧) اسلوب السباكة في القوالب الدائمية تحت الضغط

٧ـ١ـ٥ـ٣ـ السباكة بالطرد المركزي : Centrifugal Casting

وهي عبارة عن صب او سباكة المعادن المنصهرة في قوالب دوارة • ويتم انجماد المعدن على جدران القالب الدوار اثناء عملية الدوران • وبالامكان صناعة القوالب من الرمل أو المعدن او الجرافيت او من مزيج من هذه المواد • ويمكن استعمال هذه الطريقة للمسبوكات من المعادن الحديدية واللا حديدية على حد سواء • وتعتبر الانابيب ذات الاقطار والاطوال الكبيرة وسبطانات المدافع من اهم منتجات هذه الطريقة • ومن أهم مزايا هذه الطريقة انتاج المسبوكات الخلية من العيوب الى حد بعيد ، ومن عيوبها محدودية الشكل والحجم للمسبوكات المنتجة ، والشكل (٧ـ٨) يبين اسلوب السباكة بالطرد المركزي •



شكل (٧ـ٨) السباكة بالطرد المركزي

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما المقصود بالمسبوك والمسبوك الاولي ؟

س٢ : ما هي الخطوات الاساسية في عملية السباكة الرملية ؟

س٣ : اذكر اهم انواع رمال السباكة وخواصها • واذكر اهم اختبارات الرمال واشرح واحدة منها بالتفصيل •

س٤ : كيف تختبر قابلية نفاذية الرمل وحجم حبيباته ؟

س٥ : كيف تقاس صلادة رمل السباكة ؟

س٦ : المطلوب سباكة اسطوانة غير مجوفة من الالمنيوم • اشرح اهم الخطوات الضرورية لذلك •

س٧ : ما هي الاختلافات الاساسية بين النموذج والمسبوك الناتج ؟

س٨ : ما هي المواد المستعملة لصناعة النماذج ؟

س٩ : اذكر اهم واجبات فتحة التغذية او المصعد •

س١٠ : ما هو القلب وكيف يصنع ؟

س١١ : اذكر اهم عيوب المسبوكات الرملية وسبل معالجتها او تفاديها •

س١٢ : كيف يتم الكشف اللا اتلافي عن عيوب المسبوكات ؟

س١٣ : اذكر اهم الطرق المتطورة لعمليات السباكة مع اهم مزاياها •

س١٤ : اشرح بالتفصيل طريقة السباكة بالطرد المركزي • ما هي اهم مزاياها وعيوبها ؟

الفصل الثامن

(عمليات التشكيل الميكانيكي للمعادن)

Metal Forming Processes

الفصل الثامن

(عمليات التشكيل الميكانيكي للمعادن)

Metal Forming Processes

عمليات التشكيل الميكانيكي تشمل جميع عمليات التشكيل التي تجـــري على المعادن والسبائك في الحالة الجامدة اي دون صهرها .

وتجرى جميع هذه العمليات تحت تأثير قوى ميكانيكية وباستعمال معدات واجهزة خاصة تقوم بتأمين هذه القوى واحداث التغيير المطلوب في اشكال او هيئات المعادن والسبائك وبالامكان اجراء هذه العمليات اما على البارد (غالبا في درجة حرارة الغرفة) او على الساخن (اي في درجات الحرارة المرتفعـة) . والواقع ان قابلية المعادن والسبائك على تقبل اي تغيير في الشكل بتأثير القـوى الميكانيكية ، لها علاقة وثيقة بالخواص الميكانيكية الانف ذكرها في باب الخواص الميكانيكية والبنية او الشبكة البلورية ، كما سبق وان ذكرنا . لذلك نلاحظ بان هنالك تباين كبير في قابلية المعادن او السبائك على تقبل التشـــكيل الميكانيكي .

ويجرى التشكيل الميكانيكي تحت قوى او جهود تتجاوز مقاومة خضـوع المعادن او السبائك قيد التشكيل ، بحيث ان التغيير او التشوه الحاصل في الشكل سوف يكون لدنا اي دائميا . ويكون التنغيير في الشكل مصحوبا عادة بتغييرات في الخواص الميكانيكية والفيزياوية للمعادن المشكلة ، وهذه تعود بالدرجـة الاولى الى التغيرات الحاصلة في البنية البلورية او الحبيبية نتيجة التشـكيل الميكانيكي .

وتصنف عمليات التشكيل الميكانيكي ، استنادا على درجة الحرارة التي يجري فيها التشكيل ، الى مجموعتين اساسيتين من العمليات :

١ – التشكيل الساخن او التشكيل على الساخن . (Hot Forming)

٢ – التشكيل البارد او التشكيل على البارد . (Cold Forming)

ويجمع احيانا بين النوعين من التشكيل لغرض الحصول على نتائج معينة سوف نأتي الى ذكرها لاحقا ·

ويقصد بالتشكيل على الساخن التغيير او التشويه اللدن اي الدائمي الذي ينتج في المعادن نتيجة تأثير قوى او جهود عليها وهي ساخنة ، اي ان درجة حرارتها تكون دائما فوق درجة حرارة الغرفة بمقادير تختلف باختلاف المعادن والسبائك قيد التشكيل · والتمييز بين التشكيل على الساخن والتشكيل على البارد يستند على درجة حرارة معينة وخاصة بكل معدن او سبيكة ،وتسمى بدرجة حرارة اعادة التبلور · ان درجة حرارة اعادة التبلور تتراوح بين نصف او ثلث درجة انصهار هذه المعادن والسبائك ·

ويمتاز بعض المعادن بكون درجة اعادة تبلورها منخفضة جدا ومقاربة لدرجة حرارة الغرفة او حتى اقل منها لذلك فان هذه المعادن لدى تشكيلها في درجة حرارة الغرفة ، يعتبر هذا التشكيل تشكيلا على الساخن · على سبيل المثال ، معدن الرصاص والقصدير · ويمكن القول ، بصرف النظر عن بعض الشواذ ، بانه كلما كانت درجة انصهار المعدن عالية كلما ارتفعت درجة اعادة تبلوره ·

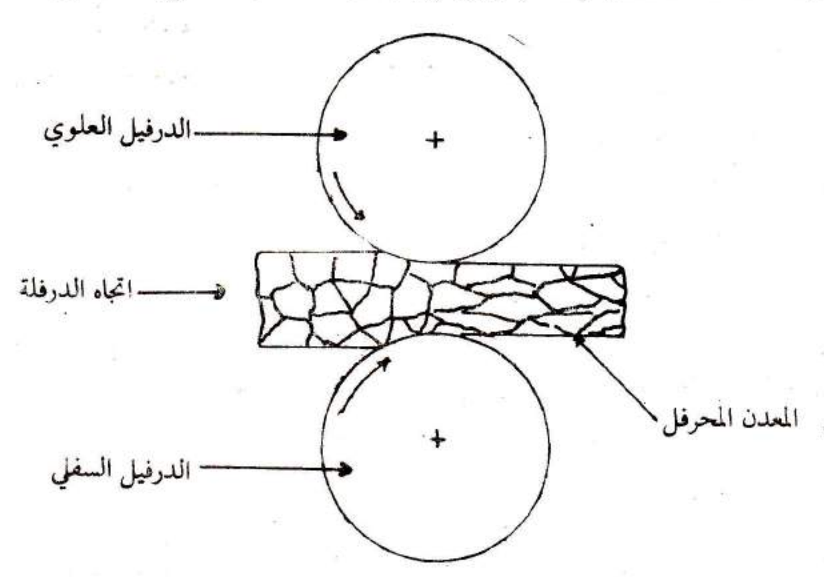
٨ـ١ـ عمليات التشكيل على الساخن : Hot Forming Processes

تستعمل عمليات التشكيل على الساخن بالدرجة الاولى لتشكيل المسبوكات الاولية (راجع باب انتاج المعادن) · وتنقل المسبوكات الاولية ، مباشرة بعد صبها في القوالب وانجمادها ، الى معامل التشكيل الميكانيكي ، ويتم تشكيلها

وهي ساخنة او يعاد تسخينها . والغرض من التسخين هو لزيادة قابلية المعدن على التشكيل .

٨ـ١ـ١ـ الدرفلة على الساخن : Hot Rolling

عبارة عن عملية عصر المسبوكات الاولية بامرارها بين اسطوانتين مستقيمتين (درفيلين) تدوران آليا لتحويلها الى قطع ذات مقاطع مستطيلة او مربعة وسمك كبير عادة وتستعمل كخطوة اولية لانتاج الصفائح او الالواح المعدنية ذات السمك المختلف وانتاج الشرائط المعدنية والقضبان والمقاطع الانشائية بواسطة اجهزة درفلة خاصة الشكل (٨ـ١) يبين جهاز درفلة منفرد ثنائي الدرافيل .



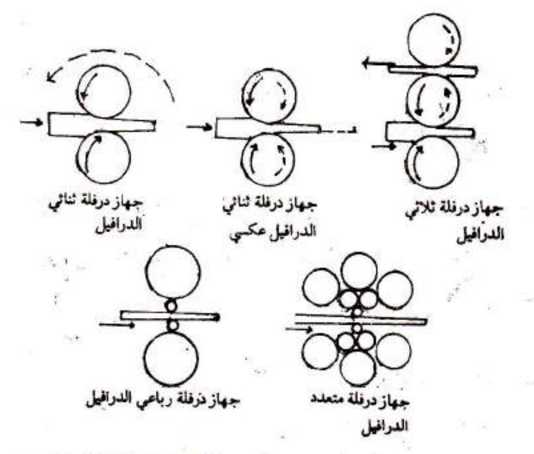
شكل (٨ـ١) جهاز درفلة منفرد ثنائي الدرافيل

وتجرى عملية الدرفلة عادة بصورة مستمرة وعلى عدد من اجهزة الدرافيل المنتظمة بالتعاقب يؤدي الى الحصول على المقاطع المطلوبة على مراحل . حيث يجرى في الجهاز الاول تشكيل او تخفيض في السمك الى مقدار معين يليه تخفيض على الجهاز الثاني الذي تكون المسافة بين درفيليه اقل من المسافة بين درفيلي الجهاز الاول . وهكذا تستمر عملية الدرفلة الى ان يتم الحصول على المقطع المطلوب . وبالطبع فان المحافظة على حرارة المعدن خلال عملية

الدرفلة المستمرة ضرورية ۰ وقد يستوجب الامر اعادة تسخين المعدن لغرض الاستمرار في العملية ، حيث ان درجة الحرارة قد تنخفض الى حد كبير يصعب معه الاستمرار في التشكيل او قد تنخفض الى ما تحت درجة حرارة اعادة التبلور فيصبح التشكيل تشكيلا على البارد وليس على الساخن ۰ وبذلك لا يمكن التوصل الى النتائج المرجوة من التشكيل الساخن ۰ عند كون عرض القطع المشكلة بالدرفلة كبيرا ، فان الدرافيل قد تتعرض الى الانحناء اثناء العمل ، لذلك يصار الى اسنادها بدرافيل اضافية تسمى بدرافيل الاسناد ۰ بينما تسمى الدرافيل التي تقوم بالتشكيل مباشرة بدرافيل العمل ۰

ويزود كل درفيل عمل بدرفيل او اكثر من درافيل الاسناد ، خاصة في عمليات الدرفلة على البارد ، حيث تكون مقاومة المعدن للتشكيل عالية جدا ۰ وفي الوقت الذي تدار فيه درافيل العمل آليا ، فان درافيل الاسناد لا تدار آليا وانما تدور بتأثير التماس مع درافيل العمل ۰ وتكون الدرافيل الساندة اكبر قطرا من درافيل العمل ۰ الشكل (٨ـ٢) يبين بعض انواع اجهزة الدرفلة الاكثر استعمالا ۰

لغرض انتاج المقاطع الانشائية (القضبان المختلفة المقاطع ، قضبان السكك الحديدية) تستعمل درافيل ذات ممرات او مجاري محفورة على طول قطرها تقوم باضفاء الشكل المطلوب الى القطعة المعدنية قيد التشكيل ۰



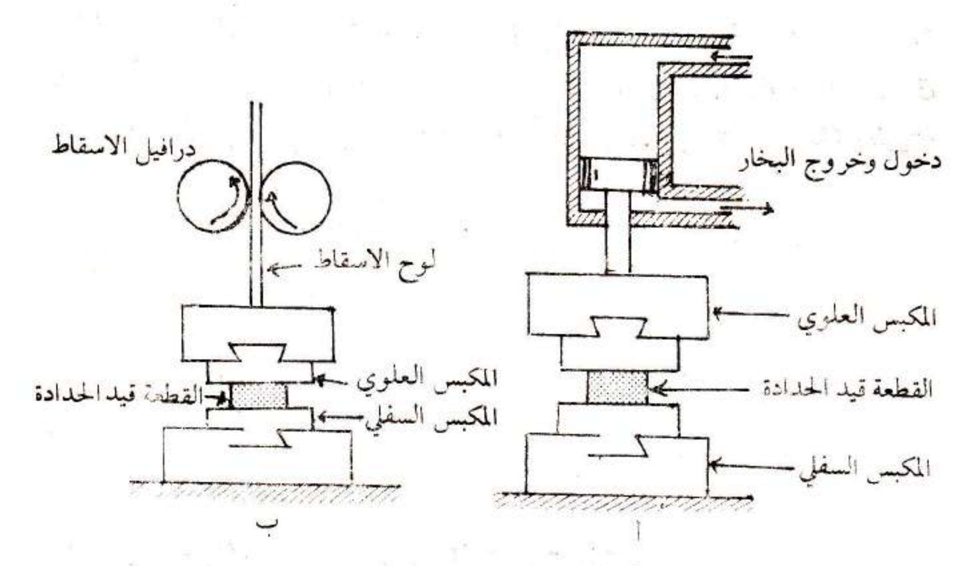
شكل (٨ـ٢) اجهزة الدرفلة الشائعة الاستعمال

ومن اهم منتجات الدرفلة القضبان ذات المقاطع المختلفة الانواع والصفائح، قضبان السكك الحديدية · وتستعمل انواع خاصة من اجهزة الدرافيل لصناعة الانابيب الكبيرة والمتوسطة الاقطار ·

٨ـ١ـ٢ـ الحدادة : Forging

الحدادة عبارة عن تشكيل المعادن على الساخن وذلك بكبسها في قوالب تمثل الشكل المراد الحصول عليه ·

ويجري التشكيل اما باستعمال ضغط عالي او التشكيل بالصدمة بواسطة الطرق بالمطرقة · وتسخن المواد المعدنية لغرض حدادتها الى درجات حرارة مرتفعة واعلى من درجات اعادة تبلورها بكثير ، بحيث انها تقبل التشكيل بالحدادة بسهولة · والقوالب المستعملة في الحدادة يجب ان تكون مصنوعة من مواد معدنية تحافظ على خواصها في درجات حرارة الحدادة وتحت تأثير القوى المؤثرة عليها · الشكل (٨ـ٣) يبين نوعين من الاجهزة المستعملة في الحدادة (آ) الحدادة التساقطية بالجاذبية و (ب) الحدادة التساقطية البخارية ·

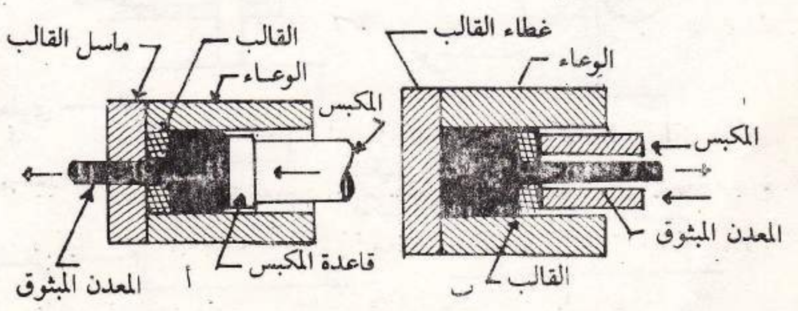


شكل (٨ـ٣) بعض انواع اجهزة الحدادة

وتمتاز اجهزة الحدادة بالبخار بارتفاع كفاءتها بسبب ارتفاع القوة الناتجة من ضغط البخار ، بخلاف اجهزة الحدادة بالجاذبية ، التي تعتمد على القوة الناتجة من سقوط المطرقة من ارتفاع معين فقط . واهم المنتوجات التي تصنع بالحدادة الاقراص المسننة على اختلاف انواعها ، واعمدة الادارة وحلقات المحامل وعجلات السكك الحديدية وما شابه .

٨ـ١ـ٣ـ عمليات البثق : Extrusion Processes

عملية البثق ، عبارة عن تشكيل كتلة معدنية مسخنة الى درجات حرارة عالية نسبيا داخل وعاء يتحرك فيه مكبس يضغط على الكتلة المعدنية ويجبرها على الخروج من فتحة في نهاية الوعاء ، فينساب المعدن خلال الفتحة متخذا شكلها . لذا فان الفتحة تقوم هنا مقام قالب التشكيل ، وبالتحكم في شكلها ومقطعها يمكن انتاج المنتوجات ذات المقاطع المختلفة . وتستعمل عملية البثق عادة لتشكيل المعادن اللاحديدية التي تمتاز بارتفاع ليونتها مثل الالمنيوم والنحاس والنحاس الاصفر والمغنسيوم والرصاص ، بالاضافة الى انخفاض درجات انصهارها . وتستعمل عملية البثق بصورة محدودة لتشكيل الصلب ، بسبب صعوبة التشكيل وارتفاع درجات الحرارة الضرورية للتشكيل. تنقسم اساليب البثق من حيث طريقة عملها الى نوعين رئيسيين : (أ) البثق المباشر ، (ب) البثق غير المباشر والشكل (٨ـ٤) يبين الاجهزة المستعملة وطريقة العمل لهذين الاسلوبين .



شكل (٨ـ٤) عمليات البثق

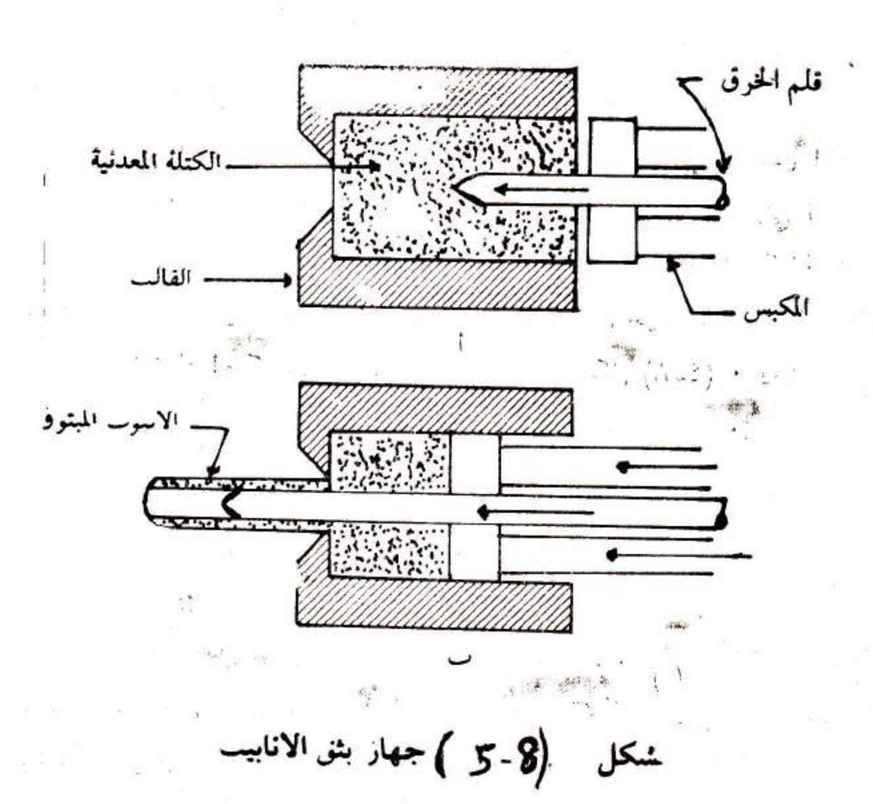
أ ـ البثق المباشر
ب ـ البثق غير المباشر

وتعتمد طريقة البثق المباشر على تشكيل الكتلة المعدنية بواسطة مكبس يضغط عليها من جهة ، بينما ينساب المعدن خارجا خلال فتحة القالب الموجودة في النهاية المواجهة من الوعاء ، اي ان المعدن ينساب متحركا في نفس اتجاه حركة المكبس . بينما في طريقة البثق غير المباشر تكون احدى نهايتي الوعاء مغلقة ، ويحتوي المكبس على فتحة القالب في وسطه ، بحيث ان الكتلة المعدنية سوف تنساب مخترقة هذه الفتحة في المكبس ، اي ان حركة المعدن سوف تكون في الاتجاه المضاد لحركة المكبس ، كما يظهر من الشكل (٨ـ٤) . ومن الجلي ، ان البثق المباشر يحتاج الى قوة اكبر للتشكيل من البثق غير المباشر .

ان الكتلة المعدنية في البثق المباشر سوف تحتك بالجدران الداخلية للوعاء ، في حين ان الاحتكاك سوف يقل كثيرا في البثق غير المباشر ويكون مقتصرا فقط على الاحتكاك بين جدران فتحة القالب الصغيرة المساحة نسبيا وبين الكتلة المعدنية . ويستعمل التزييت لتخفيف قوى الاحتكاك ، وخاصة لتشكيل المعادن الصعبة التشكيل مثل الصلب ، الذي يستوجب تشكيلها رفع درجة حرارة التشكيل من جهة وبذل قوة اكبر للتشكيل من جهة اخرى .

ومن اهم منتجات عمليات البثق القضبان ذات المقاطع المختلفة ، وانابيب الصغيرة الاقطار نسبيا ، المقاطع الانشائية ، وظروف الطلقات النارية ، وتستعمل عملية البثق لغرض تغليف الاسلاك (الاسلاك الكهربائية على سبيل المثال) بالمواد العازلة مثل اللدائن .

لدى انتاج الانابيب بواسطة عملية البثق ، يستعمل الجهاز المبين في الشكل (٨ـ٥) . حيث يتم تثبيت قلم تشكيل في مركز المكبس . ويقوم قلم التشكيل بخرق الكتلة المعدنية . بينما يقوم المكبس بضغطها باتجاه فتحة القالب في النهاية المقابلة من وعاء التشكيل . وبذلك ينساب المعدن من خلال المجال المتروك بين قلم التشكيل ، الذي يساوي قطره القطر الداخلي للانبوب المراد تشكيله ، وبين فتحة القالب ، التي يساوي قطرها القطر الخارجي للانبوب .

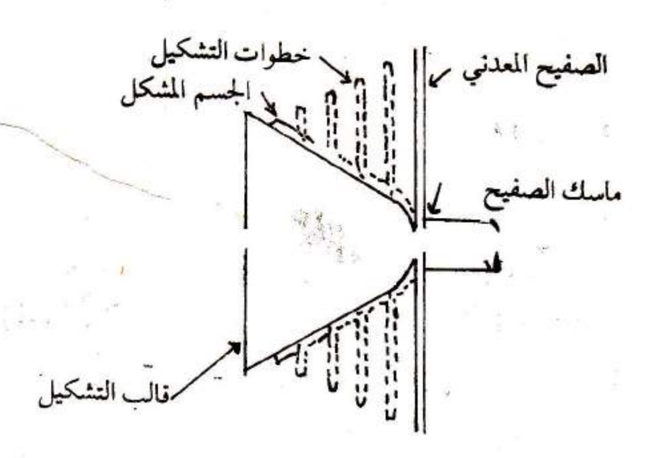


شكل (8-5) جهاز بثق الانابيب

هناك عملية للبثق تستعمل لبثق المعادن اللينة في درجة حرارة الغرفة ، اي على البارد ، وتسمى بالبثق الصدمي الذي سوف ناتي الى ذكرها ضمن عمليات التشكيل على البارد ٠

٨ـ١ـ٤ـ التشكيل الساخن بالدوران : Hot Spinning.

عمليات التشكيل بالدوران يمكن ان تجري على الساخن او على البارد ٠ وهي عبارة عن تشكيل الواح معدنية بالضغط عليها بواسطة عدة تشكيل ، وتدار الالواح خلال التشكيل بواسطة اجهزة تدار بسرعة عالية ، وبالامكان استعمال المخرطة لهذا الغرض ٠ ويتم ضغط اللوح بواسطة عدة التشكيل على نموذج مثبت علي اجهزة الادارة ، حيث يقوم هذا النموذج مقام قالب التشكيل ٠



شكل (٨ـ٦) يبين اسلوب عمل هذه الطريقة

الشكل (٨ـ٦) يبين اسلوب عمل هذه الطريقة · وبالامكان القيام بهـــذه العملية بضبط عدة التشكيل يدويا او آليا على اللوح المراد تشكيله ·

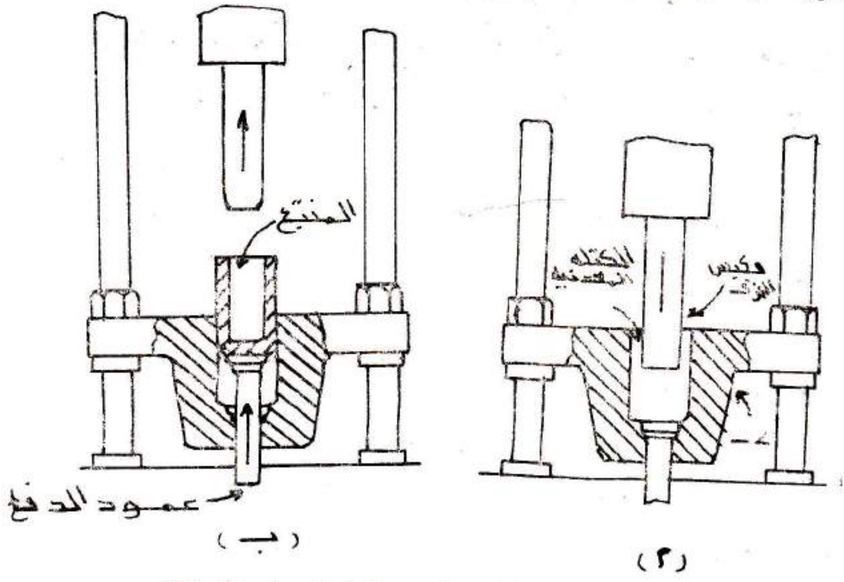
وتستعمل عملية التشكيل الساخن بالدوران لانتاج اوعية الضغط الفولاذية واغطيتها والانواع المختلفة من الخزانات ·

٨ـ١ـ٥ـ التشكيل بالخرق على الساخن : Hot Pieruing.

تستعمل هذه العملية بالدرجة الاولى لتحويل المسبوكات الاولية الى انابيب او اسطوانات ذات جدران سميكة ·

ويتم التشكيل بضغط قلم تشكيل خلال الكتلة المعدنية الساخنة والموضوعة داخل وعاء اسطواني فينساب المعدن الساخن محيطا بقلم التشكيل ويملأ الفراغ المتروك بين هذا القلم وجدران الوعاء الاسطواني · والعملية تشبه الى حد بعيد عملية البثق · وتستعمل معظم منتوجات هذه الطريقة لصناعـــة الانابيـــب

والاسطوانات باجراء عمليات تشكيل اضافية عليها تقلل من سمك جدرانهـــا وتزيد من اطوالها • الشكل (٨ـ٧) يبين اسلوب عمل هذه الطريقة •



شكل (٨ـ٧) التشكيل بالخرق على الساخن

مزايا وعيوب التشكيل على الساخن :

١ ـ ان الطاقة الضرورية للتشكيل على الساخن اقل بكثير من الطاقة الضرورية للتشكيل على البارد •

٢ ـ يطرأ تحسن على بعض الخواص الفيزياوية والميكانيكية • حيث تتحســن خواص المطيلية ومقاومة الصدمة بالاضافة الى تحسن في مدى تجانـــس المعادن المشكلة على الساخن •

٣ ـ التشكيل على الساخن يساعد على التخلص من بعض عيوب المسبوكـــات الاولية مثل الفجوات والمسامية الغازية ، التي تلتحم نتيجة درجة الحرارة العالية والضغط المستعمل في التشكيل •

ولعل من اهم عيوب عمليات التشكيل على الساخن تأكسد السطوح الساخنة بسهولة ، وصعوبة السيطرة على ابعاد ومقاسا المنتوجات ، نظرا للتمـــدد الحراري الناتج في القطع المعدنية قيد التشكيل الساخن •

لذلك فان معظم منتوجات عمليات التشكيل على الساخن تشكل عادة وفي مراحلها النهائية على البارد ، وذلك لغرض التخلص من العيوب المذكورة اعلاه ، بالاضافة الى تحسين بعض الخواص التي لايمكن التحكم فيها خلال التشكيل على الساخن ٠

سوف نتطرق الى ذلك لدى دراسة عمليات التشكيل على البارد ٠

٨ـ٢ـ عمليات التشكيل على البارد : Cold Forming

ان عمليات التشكيل التي تجرى في درجة حرارة الغرفة او في درجة قريبة منها تسمى بالتشكيل على البارد ٠ وبصورة عامة ، فانه بالامكان تشكيل المواد المعدنية على البارد في درجة اعلى من درجة حرارة الغرفة ، حيث ان الحد الفاصل بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن هو في درجة حرارة اعادة التبلور ، التي تكون عادة ولمعظم المعادن اعلى من درجة حرارة الغرفة ٠

فيما يلي بعض عمليات التشكيل على البارد الواسعة الانتشار ، على ان نتطرق في نهاية هذا الباب الى ذكر مزايا وعيوب التشكيل على البارد ٠

٨ـ٢ـ١ـ الدرفلة على البارد : Cold Rolling

عملية الدرفلة على البارد تستند في العمل على نفس الاسس التي تم شرحها لدى دراسة الدرفلة على الساخن ، وكذلك الاجهزة المستعملة تتشابه من حيث اسلوب العمل ٠

وتستعمل لعمليات الدرفلة على البارد عادة اجهزة الدرافيل الرباعية او السداسية (الشكل ٨ـ٢) حيث ان عنف التشكيل البارد وارتفاع القوة المستعملة للتشكيل يستوجبان استعمال درافيل الاسناد ٠

وتستعمل الدرفلة على البارد بالدرجة الاولى لاكمال تشكيل منتوجات الدرفلة على الساخن كمرحلة نهائية ٠ وتؤدي الدرفلة على البارد في هذا المجال المهام التالية :

١ ـ ضبط الابعاد والمقاسات الى حد بعيد ٠

٢ ـ تحسين المظهر الخارجي وازالة الطبقات المتأكسدة من المعدن ٠

٣ ـ تحسين بعض الخواص الميكانيكية مثل الصلادة ومقاومة الشد ٠

وتعتبر الصفائح المعدنية الرقيقة جدا (الرقائق المعدنية بسمك يبلغ ٠٫٠٠٢ ملم) من اهم منتوجات الدرفلة على البارد ، بالاضافة الى الشرائح والاشرطة والالواح ٠ كما تبرز اهمية الدرفلة على البارد بصورة خاصة في الاستعمال لتشكيل منتوجات الدرفلة على الساخن في المرحلة النهائية وللاسباب المذكورة اعلاه ٠

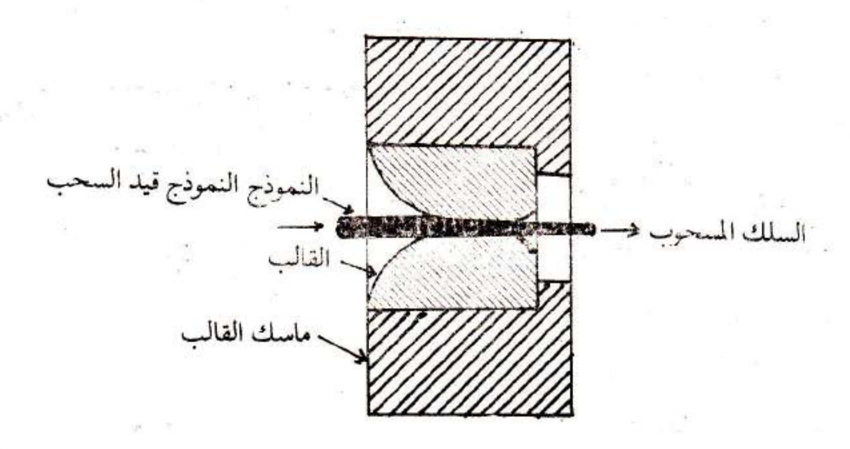
٨ـ٢ـ٢ـ عمليات السحب على البارد : Cold Drawing.

وتتضمن تشكيل القضبان المعدنية الكبيرة الاقطار نسبيا الى الاسلاك بواسطة السحب على البارد ، وكذلك تشكيل الصفائح المعدنية الى اوعيةبواسطة السحب العميق ٠ وتعتبر المطيلية العالية نسبيا من اهم خواص المواد المعدنية التي تؤهلها لعمليات التشكيل بالسحب على البارد ٠

٨ـ٢ـ٢ـ١ـ سحب الاسلاك : Wire Drawing

تصنع الاسلاك بالسحب البارد لقضبان مصنوعة بواسطة الدرفلة على الساخن ، وذلك بامرار هذه القضبان من فتحات قوالب خاصة تعمل على تخفيض قطر وزيادة طول هذه القضبان على عدة مراحل الى ان تتحول الى اسلاك بالاقطار المطلوبة ٠ الشكل (٨ـ٨) يبين مقطعا في قالب لسحب الاسلاك ٠ وتعد القضبان المراد سحبها بدرفلة كتل معدنية على الساخن الى قطر يساوي حوالي ٥ـ٦ ملم ثم يجري سحبها بواسطة قوالب السحب الى الاسلاك ٠

وقبل عملية السحب من الضروري تنظيف القضبان من طبقات الاوكسيد السطحية بمعاملتها ببعض الحوامض ٠ ويستعمل عادة بعض مواد التزييت لتسهيل عملية السحب ٠



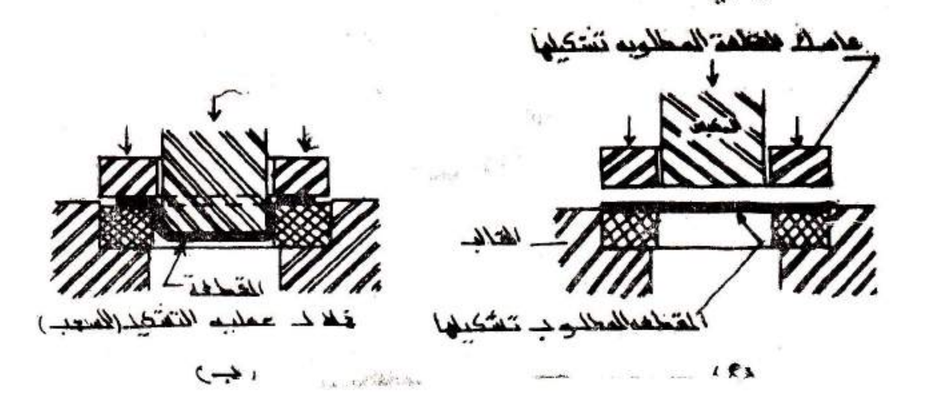
شـكل (٨ـ٨) عملية سحب الاسلاك

نظرا لازدياد الصلادة نتيجة السحب على البارد ، فان مقاومة المعدن للتشكيل سوف تزداد . وعند تعذر الاستمرار في التشكيل تجرى العملية على مرحلتين : (أ) السحب الى ادنى قطر ممكن ، و (ب) التسخين او التخمير لغرض تليين القطعة ومن ثم الاستمرار في السحب . وقد يتكرر تسخين المعدن عدة مرات الى ان يتم الحصول على القطر المطلوب .

القوالب المستعملة تصنع عادة من مواد معدنية تمتاز بصلادتها ومقاومتها العالية ، واكثرها استعمالا هو كربيد التنجستن ، وقد تستعمل ايضا قوالب من الماس لبعض الاغراض الخاصة . وتستعمل هذه العملة بشكل واسع لسحب اسلاك من النحاس والالمنيوم والصلب .

٨ـ٢ـ٢ـ٢ـ السحب العميق : Deep Drawing

السحب العميق عبارة عن تشكيل صفيح معدني بسمك معين بواسطة مكبس دائري المقطع غالبا يضغط على الصفيح ويكبسه داخل قالب دائري المقطع ايضا . الشكل الناتج عبارة عن وعاء بسمك يساوي الفرق بين قطر المكبس والقطر الداخلي للقالب . والشكل (٨ـ٩) يبين عملية السحب العميق .



شكل (٨ـ٩) عملية السحب العميق

أ ـ قبل السحب

ب ـ خلال السحب

وللقيام بعملية السحب العميق بنجاح وانتاج منتوجات خالية من العيوب ، لابد من توفر العوامل التالية :

١ ـ مطيلية ومقاومة شد المعادن المراد سحبها يجب ان تكون عالية ·

٢ ـ المكبس والقالب المستعمل يجب ان يمتازا بسطوح ذات نعومة عالية وانجاز سطحي جيد ·

٣ ـ استعمال مواد لتزييت القالب والمكبس يسهل عملية التشكيل ويقلل من القوى الضرورية للتشكيل ·

بالامكان انتاج اوعية ذات اعماق كبيرة ، وذلك باجراء العملية على عدة مراحل ، كما في عملية سحب الاسلاك · فيصار اولا الى التشكيل الى عمق معين على البارد ، ثم يسخن الوعاء الناتج فتزداد ليونته ويتقبل مقدارا اضافيا

من التشكيل ، فيجرى سحبه مرة اخرى · وقد تتكرر عملية السحب والتسخين عدة مرات الى حين تحقيق العمق المطلوب · تستعمل عملية السحب العميق بشكل واسع لانتاج اغلفة او ظروف القذائف وهياكل السيارات وهياكل الثلاجات واسطوانات الغاز السائل واحواض الغسل والاستحمام المنزلية ·

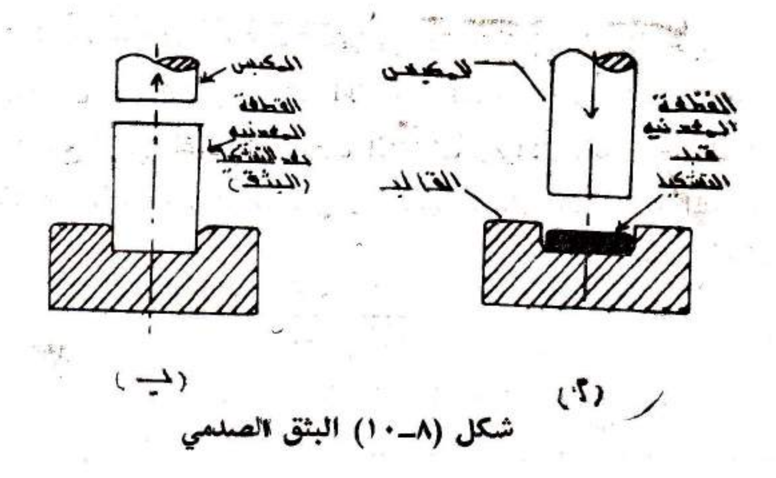
٨ـ٢ـ٣ـ التشكيل البارد بالدوران : Cold Spinning

هذه العملية تشبه التشكيل الساخن بالدوران وتستعمل كذلك اجهزة مشابهة (راجع الشكل ٨ـ٦) · وتختلف الطريقتان في ان التشكيل البارد بالدوران يستعمل لانتاج المنتوجات الاصغر حجما بكثير ، كما ان المعادن المستعملة تمتاز بارتفاع لدونتها في درجات حرارة الغرفة · وتمتاز منتوجات هذه الطريقة بارتفاع صلادتها نسبيا وامكانية الحصول على ابعاد ومقاسات دقيقة الى حد بعيد ، نتيجة كون التشكيل يجرى على البارد · ومن اهم المعادن المستعملة في التشكيل البارد بالدوران هي الالمنيوم والنحاس وسبائكهما · وتستعمل الطريقة احيانا لتشكيل الصلب الكربوني ـ الواطىء الكربون · وتستخدم هذه الطريقة بنجاح لتشكيل ادوات واواني الطبخ والمزهريات والاجهزة العاكسة للضوء ·

٨ـ٢ـ٤ـ البثق على البارد (البثق الصدمي) : Cold Impact Extrusion

تتلخص عملية البثق الصدمي بتشكيل كتلة معدنية على شكل قرص موضوع داخل قالب ضحل العمق بواسطة مكبس يتم اسقاطه على القرص بقوة كبيرة نسبيا · ينساب معدن القرص محيطا بالمكبس ومتخذا شكله · ويتم التشكيل بصدمة واحدة · والشكل (٨ـ١٠) يوضح طريقة التشكيل بالبثق الصدمي ·

ويتضح من هذا الشكل بان سمك القطعة المشكلة يكون مساويا للفرق بين قطر القالب والقطر الخارجي للمكبس ·



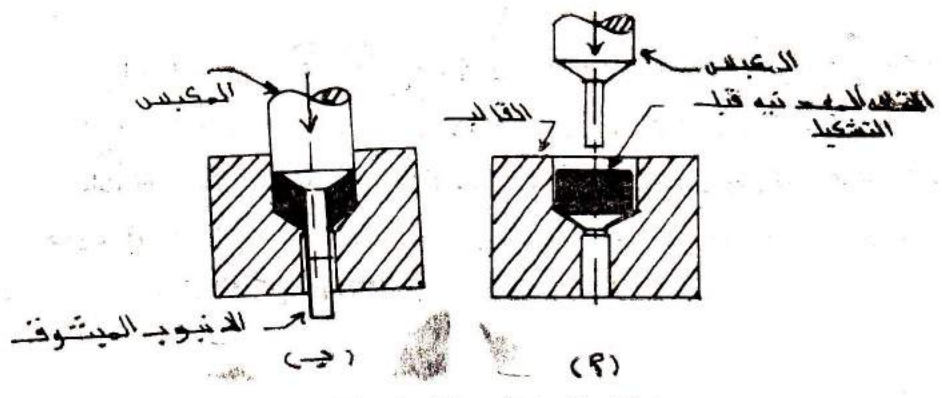
شكل (٨ـ١٠) البثق الصدمي

(أ) قبل التشكيل ٠

(ب) بعد التشكيل ٠

وتستعمل هذه الطريقة لتشكيل المعادن اللينة مثل الرصاص والالمنيوم والقصدير والنحاس ٠ وتستخدم هذه الطريقة احيانا لتشكيل بعض المعادن على الساخن ، كما هي الحال مع الخارصين الذى يتم بثقه صدميا بعد التسخين الى حوالي ١٤٠ـ١٨٠° م ٠ وتستعمل الطريقة بشكل واسع لانتاج الانابيب او العلب الرقيقة الجدران نسبيا وبأطوال تصل الى حوالي ٣٠٠ ملم واقطار تتراوح بين ١٠ـ١٢٠ ملم ٠ ومن منتوجات البثق الصدمي علب او انابيب المعاجين (معجون الاسنان على سبيل المثال) واغلفة القذائف والاطلاقات النارية الصغيرة وعلب العقاقير الطبية ٠ وتمتاز عملية البثق الصدمي بالكفاءة الانتاجية العالية ٠ ان الجهاز المبين في الشكل (٨ـ١٠) يستعمل لصناعة العلب او الانابيب المغلقة من احدى نهايتها اما الطريقة المبينة في الشكل (٨ـ١١) والمعروفة بطريقة (هوكر) فتستعمل لصناعة الانابيب المفتوحة النهايتين ٠

ويتم التشكيل بان يقوم قلم التشكيل المثبت على المكبس بخرق الكتلة او القرص المعدني ثم كبسه الى الاسفل ، حيث ينبثق خلال الفراغ الذي يترك بين قلم التشكيل وفتحة القالب ٠



شكل (٨ـ١١) عملية بثق الانابيب

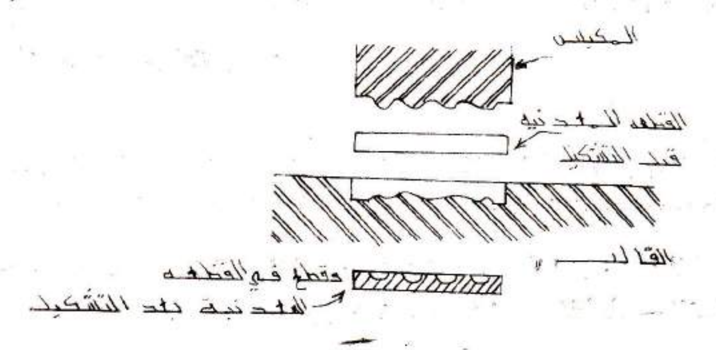
(أ) قبل التشكيل

(ب) بعد التشكيل

٨ـ٢ـ٥ـ التشكيل بالسك والختم : Coining and Embossing.

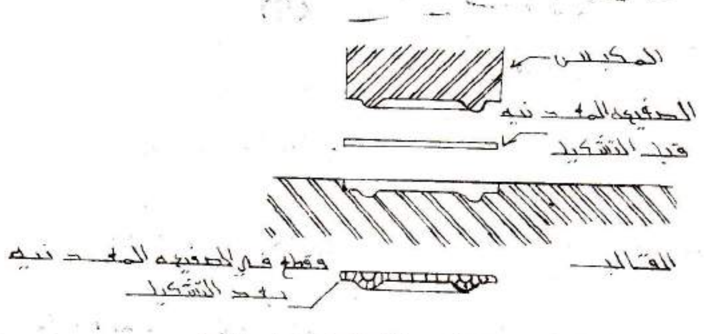
عملية السك عبارة عن تشكيل الكتل او الاقراص المعدنية الصغيرة نسبيا بكبسها بين مكبسين يحتوي سطحاهما على الهيئة او الشكل المراد اعطاءه لوجهي الكتلة او القرص المعدني ٠

ويصمم القالب الذي يتكون من المكبسين بشكل لا يسمح بانسياب المعدن الى الخارج ٠ وتستعمل الطريقة بصورة خاصة لتشكلل قطع النقود المعدنيــــــة والمداليات واجزاء الالات الكاتبة (حروف الطبع) وما شابه ٠ الشكل (٨ـ١٢) يبين اسلوب عمل هذه الطريقة ٠



شكل (٨ـ١٢) التشكيل بالسك

اما عملية الختم ، فتستعمل عادة كمرحلة نهائية لاعطاء شكل نهائي لقطعة سبق وان شكلت بطرق التشكيل الاخرى . وليس الغرض من التشكيل بالختم احداث تغيير كبير في شكل او هيئة القطعة ، بل انها تقتصر على احداث تغييرات طفيفة في الشكل وضبط دقيق لابعاد ومقاسات القطعة المشكلة . وعملية الختم تظهر في الشكل (٨-١٣) .

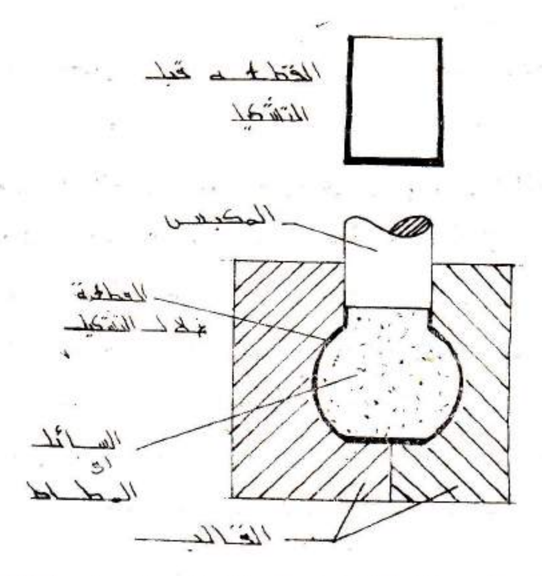


شكل (٨-١٣) عملية التشكيل بالختم

٨-٢-٦- التشكيل بضغط السوائل او المطاط :
Forming by Rubber or Liquids.

يستعمل التشكيل بضغط السوائل او المطاط (يسمى احيانا بالتشكيل بالنفخ) لتوسيع قطر انبوب او علبة ، مشكلة مسبقا باحدى طرق التشكيل ، في منطقة معينة من الانبوب .

ويتم التشكيل بوضع الانبوب المشكل داخل قالب يطابق شكله الانبوب ، مع اتساع في قطره عند المنطقة المطلوبة . ثم يملأ الانبوب وهو داخل القالب بالماء او الزيت او بكتلة مطاطية . يضغط على السائل او المطاط بواسطة مكبسين فيتم توسيع القطر بتأثير ضغط السائل او المطاط . الشكل (٨-١٤) يبين خطوات العمل لعملية التشكيل بضغط السوائل او المطاط .



شكل (٨ـ١٤) التشكيل بضغط السوائل او المطاط

ـ مزايا وعيوب التشكيل على البارد :

التشكيل على البارد يسبب ارتفاعا في الخواص الميكانيكية مثل الصلادة ومقاومة الشد وانخفاضا في خواص اخرى مثل المطيلية ·

ـ المنتوجات المشكلة على البارد تمتاز بانجاز سطحي ومظهر خارجي جيدين·

ـ يمكن التحكم بصورة دقيقة في ابعاد ومقاسات المنتوجات المشكلة على البارد · لذلك فان التشكيل على البارد يستعمل كمرحلة نهائية لتشكيل المنتوجات المشكلة على الساخن ·

وتعتبر متطلبات الطاقة العالية من اهم عيوب التشكيل على البارد ، بما يستوجب ذلك من استعمال المعدات والاجهزة المصنوعة من مواد معدنية عالية الكفاءة والمقاومة · بالاضافة الى ذلك فان مقدار التشكيل الذي يمكن انجازه تحت قوة او جهد ثابت في التشكيل على البارد يكون اقل منه فيالتشكيل على الساخن تحت نفس الجهد · كما ان انخفاض مطيلية المنتوجات تعتبر من عيوب التشكيل على البارد ·

٨-٣- بعض العمليات الخاصة للتشكيل :

قبل الانتهاء من عمليات التشكيل الميكانيكي للمواد المعدنية ، لابد من الاشارة الى بعض العمليات الخاصة والمستحدثة لتشكيل المعادن . ان هذه العمليات ، والتي تمتاز عادة بتكاليفها الباهضة وحاجتها الى اجهزة معقدة احيانا ، تستعمل عادة لتشكيل المواد المعدنية التي لايمكن بالاساليب الانفة الذكر ، او على الاقل يصعب تشكيلها بهذه الاساليب . ومن ناحية اخرى ، فان هنالك منتوجات ذات مواصفات خاصة قد لايمكن تشكيلها بالطرق الاعتيادية للتشكيل فتنتج عادة بالطرق التي سنتطرق اليها فيما يلي بصورة مختصرة .

٨-٣-١- تشكيل مساحيق المعادن : Powder Metallurgy

ولقد استعملت هذه الطريقة اساسا لتشكيل المعادن والسبائك التي لايمكن تشكيلها بعمليات التشكيل الميكانيكي او عمليات التشغيل ، مثل معادن التنجستن والموليبدنيوم وسبائكهما (وخاصة كربيد التنجستن وكربيد الموليبدنيوم ذو الصلادة الفائقة ودرجات الانصهار المرتفعة) . ثم اتسع استعماله الى ان اصبح يشمل عددا كبيرا من المعادن والسبائك الواسعة الانتشار مثل الصلب والالمنيوم والنحاس وسبائكهما .

وتتلخص عملية تشكيل مساحيق المعادن بالخطوات التالية :

أ - تحضير مساحيق المعادن ومزجها .

ب - كبس المساحيق بواسطة مكابس في قوالب تعطي المسحوق الشكل او الهيئة المطلوبة .

ج - تلبيد المنتوجات المكبوسة ، وذلك بتسخينها الى درجات حرارة مرتفعة نسبيا .

ويجري تحضير المساحيق المعدنية اما بالطرق الميكانيكية (الطحن ، التفريز ، البرادة) او بالطرق الكيمياوية (المساحيق الناتجة من بعض التفاعلات

الكيمياوية) . وهنالك طرق اخرى اكثر تعقيدا . ولغرض الحصول على خواص معينة في المنتوجات يصار الى خلط او مزج مساحيق من معادن مختلفة .

اما الكبس الى الشكل المطلوب فيجرى بواسطة مكابس في قوالب تمتاز بالمتانة والمقاومة العالية . وخلال كبس المسحوق تقل الفراغات الموجودة بين جسيمات المسحوق ويحدث بعض التماسك بينها .

والتلبيد بتسخين منتوجات الكبس الى درجات حرارة عالية نسبيا ، الا انها تكون دائما اقل من درجة انصهار معدن المسحوق او درجة انصهار المعادن المشتركة في تركيب المسحوق . ويؤدي التلبيد الى التحام قوي بين جسيمات المسحوق مسببا ارتفاع كثافة المنتوج ومقاومته . ولابد من الاختيار المناسب لدرجة حرارة التلبيد والوقت اللازم له ، لانتاج المنتوجات ذات الجودة العالية .

ولعل عرضا مبسطا لبعض منتوجات هذه الطريقة يعطي فكرة عن اهميتها واهمية مجالات استعمالها .

أ ـ المحامل الذاتية التزييت :

تستعمل هذه المحامل في الاجزاء من المعدات والاجهزة التي يصعب تزييتها خارجيا . وتصنع هذه المحامل بكبس وتلبيد مزيج من مساحيق النحاس والقصدير مع اضافات معينة من مسحوق الجرافيت . ثم تشبع المنتوجات بالزيت بالغطس ، حيث ينفذ الى المسامات الموجودة فيها . وتكون كميات الزيت المتصة كافية لاستعمال هذه المحامل لفترات زمنية طويلة دون الحاجة الى تزييت خارجي . ويكثر استعمال هذه المحامل في الغسالات والثلاجات وصناعة السيارات .

ب ـ المرشحات المعدنية :

تصنع المرشحات المستعملة في تنقية الوقود السائلة مثل البنزين والنفط والزيوت ، والتي يكثر استخدامها عادة في مكائن الاحتراق ، من بعض المواد

الخزفية او السيراميك • الا ان المرشحات المصنعة من مساحيق المواد المعدنية تمتاز على هذه بارتفاع متانتها ومقاومتها للصدمات ، بالاضافة الى مقاومتها الجيدة للحرارة العالية • وتصنع هذه المرشحات عادة من مزيج من مساحيق النيكل والبرونز (سبيكة من النحاس والقصدير) •

ج ـ اسلاك المصابيح الكهربائية ورؤوس اقلام القطع

وتصنع من مسحوق معدن التنجستن ، الذي يكبس ويلبد الى هيئة قضيب ثم يتم سحبه الى السلك المستعمل في المصابيح الكهربائية • اما رؤوس اقلام القطع (اقلام الكربيد) فتصنع من مزيج من مساحيق معدن التنجستن والكربون •

ويجري تسخين المزيج قبل الكبس في درجة حرارة عالية قد تصل الى ١٥٠٠° م ، فينتج كربيد التنجستن الذي يحول ثانية الى مسحوق يتم كبسه وتلبيده • كربيد التنجستن يمتاز بصلادته الفائقة ، ومن هنا استعماله في اقلام قطع المعادن ورؤوس المثاقب •

مزايا وعيوب عملية تشكيل مساحيق المعادن :

تمتاز عملية تشكيل مساحيق المعادن عن غيرها من عمليات التشكيل بما يلي :

١ ـ ان منتوجات هذه العملية لاتحتاج الى عمليات اضافية للتشكيل او التشغيل ، حيث يمكن استعمالها مباشرة •

٢ ـ خطوات انتاج المنتوجات سهلة وذات كفاءة انتاجية عالية •

٣ ـ تتوفر امكانية انتاج منتوجات لا يمكن تشكيلها او تكون صعبة التشكيل بالطرق الاعتيادية للتشكيل والتشغيل (انظر الامثلة المذكورة اعلاه) •

٤ ـ تتوفر امكانية كبيرة لتغيير التركيب الكيمياوي للمنتوجات عن طريق التحكم في مزيجات المساحيق ، وبالتالي توفر الامكانية في الحصول على الخواص المتباينة •

ومن اهم عيوب هذه العملية :

١ ـ صعوبة انتاج المنتوجات ذات الاشكال او الهيئات المعقدة ٠

٢ ـ معظم منتوجات هذه الطريقة تكون ذات مقاومة ومتانة اقل من منتوجات عمليات التشكيل الاخرى ٠

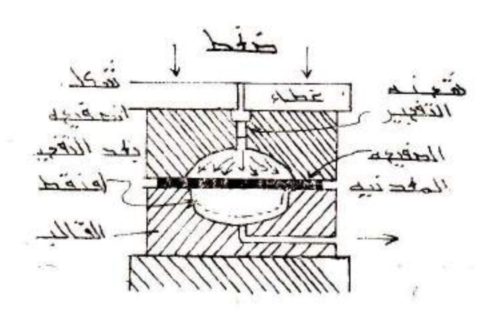
٣ ـ ارتفاع تكاليف صناعة القوالب والمكابس المستعملة في العملية ٠

٨ـ٣ـ٢ـ عملية التشكيل الفائقة السرعة والطاقة ، او عملية التشكيل بالمتفجرات : High Rate Forming

تستعمل هذه الطريقة لتشكيل المعادن والسبائك الفائقة الصلادة ، والتي يكون تشكيلها بالاساليب الانفة الذكر صعوبة بالغة ٠ على سبيل المثال معدن التيتانيوم وسبائك الصلب العديم الصدأ وبعض سبائك الالمنيوم ٠ وتستغل هذه الطريقة المقدار الهائل من التشكيل الذي يحدث بسهولة في المواد المعدنية، لدى تعرضها الى قوة تشكيل تؤثر عليها بسرعة هائلة ٠

هناك طرق عديدة لهذه العملية ، نكتفي بشرح واحدة منها ٠

الشكل (٨ـ١٥) يبين مثالا على عملية التشكيل بالمتفجرات ٠ يتكون الجهاز من قالب متين جدا يحتوي على فراغ يمثل الجسم المطلوب تشكيله ٠ ويتصل فراغ القالب بقناة ذات قطر صغير نسبيا تعمل على تسريب الهواء الى الجو الخارجي ٠



شكل (٨ـ١٥) عملية التشكيل بالمتفجرات

يوضع الصفيح المعدني المراد تشكيله على فوهة القالب ، ثم يثبت عليه وعاء مملوء بسائل ، الماء مثلا ، وتعلق شحنة متفجرة قوية (يستعمل الديناميت عادة) في الوعاء الحاوي على السائل ، كما في الشكل (٨ـ١٥) عند تفجير الشحنة تتولد موجة قوية جدا داخل السائل الذي يرتطم بقوة هائلة بالصفيح المعدني ويدفعه الى فراغ القالب متخذا شكله ٠

تستعمل هذه العملية لتشكيل المنتوجات ذات الاحجام الكبيرة والتي تمتاز بالصلادة الفائقة ٠ والعملية تشبه الى حد بعيد عمليات السحب العميق وتحل محلها في كثير من الاستعمالات ٠

ـ اسـئلة ـ

س١ : قارن بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن · ماهو الفرق الاساسي بين النوعين ؟

س٢ : ما هي عملية الدرفلة ؟ ما هي انواع اجهزة الدرفلة ؟ ما هي اهم منتجات الدرفلة على الساخن ؟

س٣ : اشرح عملية بثق المعادن · ما الفرق بين البثق المباشر والبثق غير المباشر ؟ ما هي اهم المعادن المستعملة في عملية البثق ؟ اذكر بعض المنتوجات المبثوقة ·

س٤ : كيف تصنع الانابيب بعملية البثق ؟ وضح جوابك بالرسم ·

س٥ : ما هي اهم مميزات الدرفلة على البارد ؟ ما هي اهم عيوبها ؟

س٦ : اشرح عملية سحب الاسلاك · ما هي الخواص الميكانيكية للاسلاك الناتجة ؟

س٧ : اذكر العوامل الضرورية لانتاج منتوجات جيدة بعملية السحب العميق · ما هي اهم منتوجات السحب العميق ؟

س٨ : اشرح عملية التشكيل البارد بالدوران · اعدد مزاياها وتحديداتها ·

س٩ : قارن بين البثق على الساخن والبثق على البارد · واذكر عدد من منتوجاتها ·

س١٠ : اشرح العمليات الضرورية لانتاج انبوب صغير من معدن لين يحتوي انتفاخا (اتساعا في القطر) في وسطه ·

س١١ : ما هي اهم عيوب عمليات التشكيل على الساخن وعمليات التشكيل على البارد ؟

س١٢ : عدد خطوات تشكيل مساحيق المعادن · ما هي اهم ميزات هذه الطريقة مقارنة مع الطرق الاعتيادية للتشكيل ؟ ما هي عيوبها ؟

س١٣ : اشرح عملية التشكيل الفائقة السرعة · بماذا تمتاز منتوجات هذه الطريقة ؟

س١٤ : لماذا تشكل المنتوجات على البارد في مراحل انتاجها النهائية ؟

س١٥ : ما المقصود بدرجة حرارة اعادة التبلور ؟ وما هي اهمية معرفتها ؟

س١٦ : اذكر اساليب الحدادة ٠

س١٧ : ما هو البثق الصدمي ولاي المعادن يستعمل ؟

س١٨ : اشرح عملية الخرق على الساخن ٠ ما هي اهم منتوجاتها ؟

س١٩ : ما هي اهم الخواص الميكانيكية التي تؤهل المعادن للتشكيل بالسحب على البارد ؟

س٢٠ : ماالفرق بين التشكيل والتشغيل ؟

الفصل التاسع

اعادة التبلور والتشكيل الميكانيكي

Recrystallization and Mechanical Forming .

الفصل التاسع

اعادة التبلور والتشكيل الميكانيكي

Recrystallization and Mechanical Forming

المقدمـــــة :

يناقش الفصل الثامن من هذا الكتاب عمليات التشكيـــل الميكانيكـــي بأنواعها ، اي التي تجري في الحالة الباردة او التي تجري في الحالة الساخنة ، اي بعد تسخين المعدن الى درجات حرارة مرتفعة نسبيا تختلف باختلاف المعدن المراد تشكيله ٠

لقد تمت مناقشة الفروق الاساسية بين هاتين العمليتين بشكل سريع وبسيط نسبيا ٠ الا ان التمييز العلمي الدقيق يستوجب الدخول في تفاصيل اكثر دقة ليتسنى لنا التحديد بصورة دقيقة ، اي العمليات تجري على البارد وايها على الساخن ٠ ولتسهيل هذه المناقشة لابد ان نبدأ بالتشكيل عـــلى البارد وماهية تأثيراته على المعدن او السبيكة ثم ننتقل الى التشكيل عـــلى الساخن ونستنتج الفروق بينهما ٠

٩ـ١ـ التشكيل على البارد : Cold Working

يقصد بالتشكيل على البارد او التشكيل البارد تشكيل المعدن تحت تأثير قوى ميكانيكية الى اشكال محددة ، بحيث ان العملية تجري في درجة حـــرارة الغرفة او قربا منها ، وبحيث ان القوى الميكانكية تتجاوز جهد او مقاومـــة خضوع المعدن ، التشكيل او التشوه الحاصل في المعدن تحت هذه الظـــروف هو تشوه دائم لايزول بزوال القوى المؤثرة ، وتزداد القوى الميكانيكيـــة الضرورية للتشكيل بزيادة مقدار التشوه الحاصل في المعدن قيد التشكيل ٠

٩-١-١- تاثير التشكيل البارد على الخواص :
Effect of C.W. on Properties

ان التشكيل البارد يسبب تشوهات كبيرة في الشبكة الحيزية والبنية البلورية للمعادن • ان التعرف بشكل دقيق على هذه التشوهات يتطلب امتلاك معلومات لايمكن توفيرها ضمن هذا الكتاب •

لذا فاننا سوف نتطرق هنا الى التغيرات الحاصلة في الخواص الميكانيكية والفيزياوية للمعادن نتيجة التشكيل البارد والتي مردها الى التشوهات المذكورة اعلاه والتي تحدث في الشبكة الحيزية والبنية البلورية •

من الممكن القول بان التشكيل البارد يؤدي الى تغيرات جذرية في الخواص الميكانيكية مثل الصلادة ، مقاومة الشد ، مقاومة الخضوع والمطيلية والخواص الاخرى • كما انه من الممكن القول بان هذا التشكيل سوف يؤدي ولنفس الاسباب الى تغيرات جذرية في الخواص الفيزياوية مثل التوصيل الكهربائي والحراري والمغناطيسية وحتى في الخواص الكيمياوية مثل مقاومة التاكسد او التآكل •

ان بعض هذه الخواص تتحسن نتيجة التشكيل مثل الصلادة والمقاومة ، في حين ان خواص اخرى مثل المطيلية والمتانة سوف تتأثر سلبيا •

اما الخواص الفيزياوية والكيمياوية فان تغيرها سوف يكون سلبيا في معظم الاحوال • على سبيل المثال نلاحظ بان التوصيل الكهربائي العالي للنحاس سوف ينخفض نتيجة التشكيل البارد ، ونلاحظ ايضا بان قطعة من الحديد او الفولاذ مشكلة على البارد سوف تتاكسد بسرعة اكبر من قطعة من نفس المعدن غير مشكلة على البارد وتحت ظروف مشابهة •

ولاشك ايضا بان هذه التغيرات تعتمد على كمية او نسبة التشكيل البارد. فنلاحظ بان قطعة من البراص مشكلة على البارد بنسبة عالية بواسطة الدرفلة على سبيل المثال ، تمتلك صلادة اعلى من قطعة اخرى مشكلة بنسبة اقل . وكذلك الحال بالنسبة للخواص الاخرى التي تتأثر ايضا بمقادير مختلفة استنادا الى كمية التشكيل . الشكل (٩-١) يبين تأثير نسبة التشكيل البارد على زيادة مقاومة الشد والخضوع . المطيلية تنخفض نتيجة التشكيل البارد ، وبشكل يتناسب عكسيا مع الزيادة الحاصلة في الصلادة . الشكل (٩-٢) يبين كيفية زيادة صلادة النحاس والبراص (٧٠٪ نحاس + ٣٠٪ زنك) نتيجة التشكيل البارد وانخفاض المطيلية لنفس السبب .

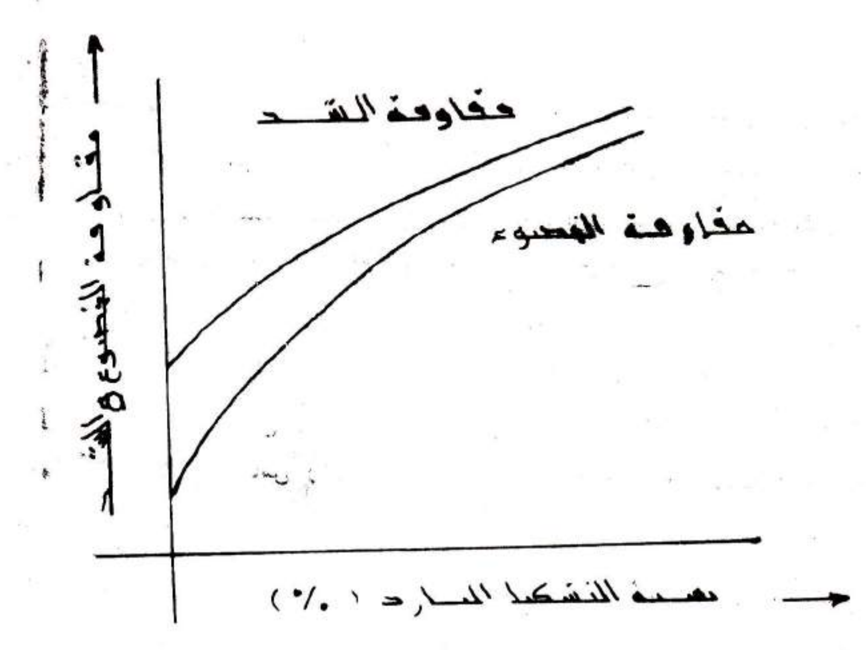
الجدول (٩-١) يبين تأثير التشكيل البارد على خواص الالمنيوم النقي تجاريا ، وخاصة الصلادة ، المقاومة والمطيلية ، والجدول رقم (٩-٢) يبين هذا التأثير بالنسبة لخواص البراص .

الزيادة الحاصلة في الخواص الميكانيكية مثل الصلادة والمقاومة نتيجة التشكيل البارد تسمى عادة بالاصلاد الاجهادي **(Strain Hardening)**

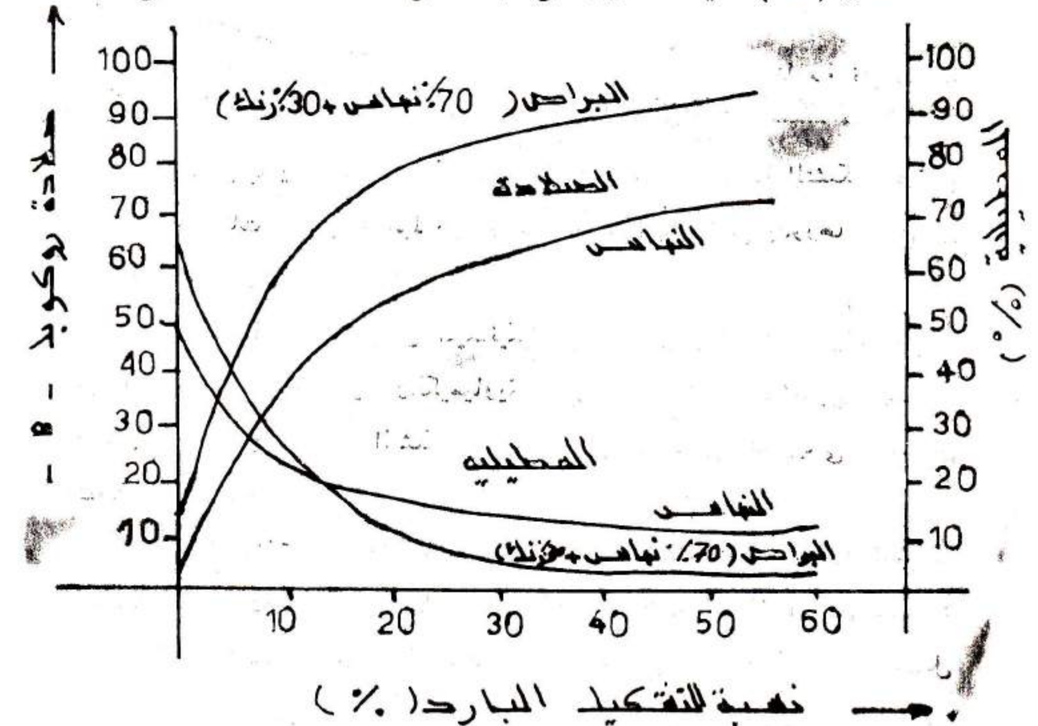
وذلك لان السبب يعود الى الاجهادات الناتجة في المعدن نتيجة التشكيل والتي تسبب التشوهات في البنية البلورية والشبكة الحيزية والتي بدورها تؤدي الى تغيير في الخواص .

وكما اسلفنا فان الخواص الميكانيكية ليست الوحيدة التي سوف تتغير ، بل ان الخواص الفيزياوية والكيمياوية تتغير ايضا نتيجة التشكيل البارد . الشكل (٩-٣) يبين تأثير التشكيل البارد على التوصيل الكهربائي لعدد من المعادن والسبائك .

نتيجة الاجهادات الحاصلة في المعدن من جراء التشكيل البارد تنخفض القابلية على مقاومة التآكل كخاصية كيمياوية . فنلاحظ بان المعادن تحت التأثير المشترك للجهود المسلطة عليها والجو المشجع على التآكل ، تتآكل بسرعة اكبر مما لو كانت تحت الظروف الاعتيادية . هذا النوع من التآكل تحت التأثير المشترك لجهود التشكيل والجو المحيط يسمى بالتآكل الجهدي . (Stress Corrosion)



شكل (٩-١) تأثير التشكيل على البارد على مقاومة الشد والخضوع



شكل (٩-٢) تأثير التشكيل البارد على صلادة ومطيلية
كـــل من النحاس والبراص

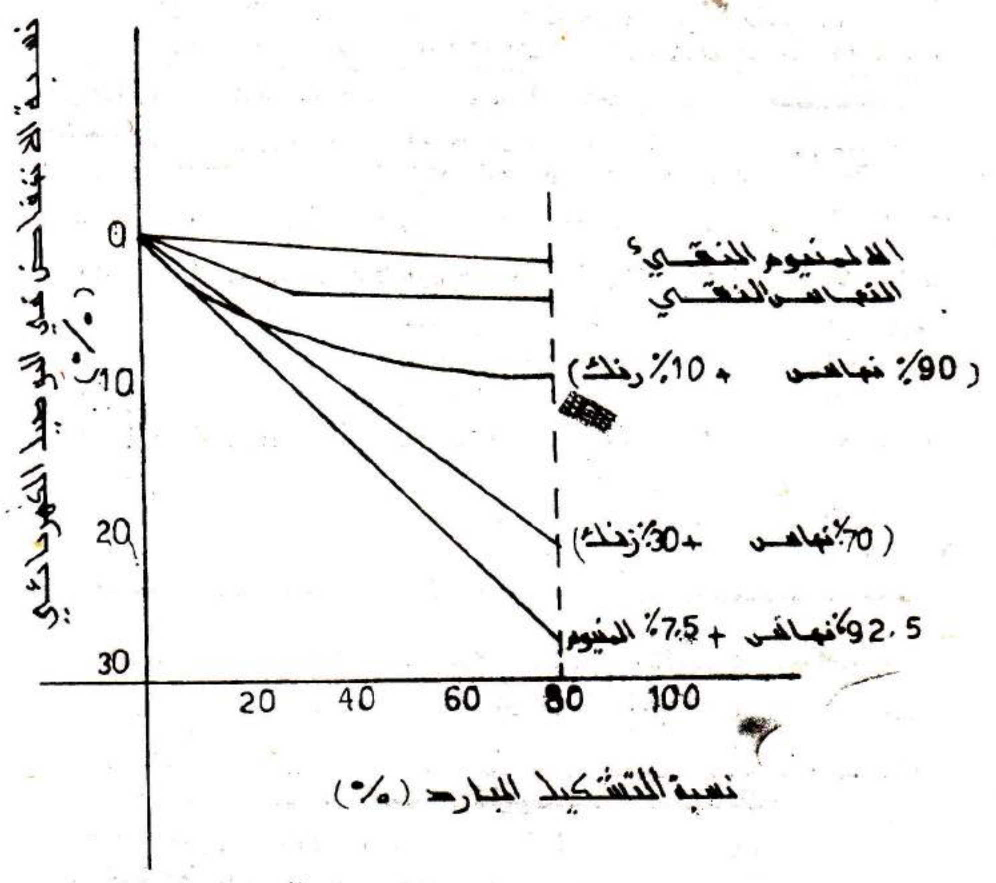
جدول (٩ـ١) تأثير التشكيل البارد على الخواص الميكانيكية للالمنيوم النقي

الزيادة في التشكيل البارد	مقاومة الشد (نيوتن/ملم^2)	مقاومة الخضوع (نيوتن/ملم^2)	المطيلية (٪)	صلادة برينيل
١٠	٨٨ر٤	٣٤ر٠	٤٥	٢٣
٢٠	١٠٢	٨٨ر٤	٢٥	٢٨
٣٠	١١٥ر٦	٩٥ر٢	٢٠	٣٢
٤٠	١٣٦ر٠	١١٥ر٦	١٧	٣٨
٥٠	١٦٣ر٢	١٤٢ر٨	١٥	٤٤

جدول (٩ـ٢) تأثير التشكيل البارد على الخواص الميكانيكية للبراص
(٧٠٪ نحوس + ٣٠٪ زنك)

الزيادة في التشكيل البارد (٪)	مقاومة الشد (نيوتن/ملم^2)	المطيلية (٪)	صلادة روكويل*
٠	٢٩٧	٧٠	١٢
١٠	٣٣١	٥٢	٦٢
٢٠	٣٦٦	٣٥	٨٣
٣٠	٤١٤	٢٠	٨٩
٤٠	٤٨٩	١٢	٩٤
٥٠	٥٥٢	٨	٩٧
٦٠	٦٢١	٦	١٠٠

* قيم الصلادة مقاسة تحت وزن (٧٥ كغم) وكرة فولاذية بقطر (١ر٥٨ ملم).



شكل (٩-٣) تاثير التشكيل البارد على التوصيل

الكهربائي لعدد من المعادن والسبائك

٩-٢- التخمير واعادة التبلور : Annealing and Recrystallization

المعدن المشكل على البارد يوجد عادة تحت حالة من الجهد الميكانيكي الشديد الناتج من الاجهادات الموجودة فيه · لدى تسخين هذا المعدن الى درجات حرارة مرتفعة نسبيا فان الطاقة المخزونة فيه سوف تساعد على حركة ذرات المعدن الى مواضع جديدة تؤدي الى اختفاء هذه الاجهادات · وهذا بدوره يؤدي الى ان الشبكة الحيزية والبنية البلورية سوف تعود او تحاول العودة الى الحالة التي كانت عليها قبل التشكيل البارد · لذا فان الخواص الميكانيكية والفيزياوية التي تأثرت نتيجة التشكيل سوف تتغير نتيجة هذا التسخين محاولة العودة الى اصولها قبل التشكيل البارد · هذا النوع من التسخين يسمى بالتخمير (Annealing) ويستعمل عادة اما لتليين المعادن والسبائك واكسابها المتانة ، او يستعمل للمعادن المشكلة على البارد لغرض اعادتها من حيث البنية البلورية والخواص الميكانيكية الى حالتها الاصلية بحيث انه يمكن الاستمرار في تشكيلها على البارد بنسب اعلى · التخمير في هذه الحالة الاخيرة يسمى بالتخمير لاعادة التبلور (Recrystallization Annealing) وذلك للاسباب التي سوف نشرحها فيما يلي :

٩-٢-١- اعادة التبلور : Recrystallization

تمر عملية التخمير لاعادة التبلور بثلاثة مراحل متميزة وهي :

١ ـ الاسترجاع (Recovery) .
٢ ـ اعادة التبلور (Recrystallization) .
٣ ـ النمو البلوري او الحبيبي (Grain Growth) .

٩-٢-١-١- الاسترجاع : Recovery

الاسترجاع عبارة عن تسخين او تخمير المعدن المشكل على البارد في درجة حرارة واطئة نسبيا وهي لا تؤدي الى تغييرات جذرية في البنية او الخواص ·

هذه الدرجات الواطئة تسمح فقط بحركة بسيطة للذرات باتجاه مواضع جديدة وقريبة من مواضعها الاصلية قبل التشكيل على البارد . هذه الحركة البسيطة تساعد في التخلص من الاجهادات او الجهود الموجودة في المعدن دون تغيير اساسي في البنية وبالتالي في الخواص الميكانيكية الاساسية . فمثلا بعد الاسترجاع تبقى المقاومة والصلادة كما هي ، كما لا يحصل تغيير اساسي في المطيلية . بينما نلاحظ تحسنا في الخواص الكهربائية مثل التوصيل الكهربائي .

ولذلك فان المهام الاساسية لعملية الاسترجاع تتمثل في التخلص من الجهود الداخلية في المعدن الناتجة من التشكيل البارد وتحسين بعض الخواص الفيزياوية .

٩-٢-١-٢- اعادة التبلور : Recrystallization

بعد رفع درجات الحرارة التي تجري فيها عملية التخمير الى درجات حرارة اعلى من المذكورة في مرحلة الاسترجاع ، فاننا سوف نلاحظ تغييرا جذريا في البنية البلورية للمعدن المشكل على البارد . حيث نلاحظ ظهور بلورات جديدة تتكون بشكل رئيسي على حدود البلورات المشوهة بالتشكيل او في الاماكن المشبعة بالجهود . هذه البلورات الجديدة تكون صغيرة في البداية الا انها تبدأ بالنمو على حساب البلورات المشوهة الى ان تقضي عليها تماما وتحل محلها مع مرور الوقت . وتكون هذه البلورات متساوية المحاور تقريبا (انظر الفصل الخاص بآلية انجماد المعادن) وتختلف عن البلورات المشوهة السابقة والتي تكون عادة طولية الشكل ، وتشبه البلورات الاصلية التي كانت موجودة في المعدن قبل التشكيل البارد . من الواضح ان تكوين هذه البلورات ونموها يستغرق فترة من الزمن .

عملية تشكيل البلورات الجديدة هذه في المعادن المشكلة على البارد لدى تسخينها الى درجات حراريه معينة تسمى باعادة التبلور، وهي تحدث في جميع

المعادن التي يتم تخميرها بعد التشكيل على البارد ، الا انها عادة تحـــدث في درجات حرارية محددة تعتمد على عوامل كثيرة مثل نوع المعدن او السبيكة ، مقدار التشكيل على البارد الذي تعرض له المعدن قبل التخمير ، نقـــاوة المعدن وغيرها من العوامل ٠ الجدول (٩-٣) يبين درجرات الحرارة التي تحصل بهـا اعادة التبلور في بعض المعادن النقية والسبائك ٠

بصورة عامة فان البنية البلورية الناتجة بعد اعادة التبلور هي نفس البنية التي كانت موجودة في المعدن قبل التشكيل على البارد ، وبناء عليه فـــان الخواص الميكانيكية والفيزياوية تكون مشابهة او مساوية للخواص التي كانت موجودة في المعدن قبل التشكيل ٠

عودة الى الجدول (٩-٣) نلاحظ بان بعض المعادن لها درجة اعـــادة تبلور واطئة جدا ، مثل الزنك والقصدير والرصاص وهي تتراوح بين عشرة درجات للزنك الى ناقص ثلاثة درجات لكل من القصدير والرصاص ٠

ان معنى ذلك هو ان هذه المعادن لايمكن تشكيلها على البارد ، بمعنى انه لدى تشكيلها عـلى البارد فانها سوف تعيد التبلور مباشرة بعد التشكيل وفي درجة حرارة الغرفة التي هي اعلى من درجات اعادة تبلورها وتستعيد بذلـك بنيتها البلورية والخواص الميكانيكية الاصلية ٠

جدول (٩ـ٣) درجة حرارة اعادة التبلور لبعض المعادن والسبائك

المعـــدن او السبيكة	درجة حرارة اعادة التبلور (°م)
١ ـ النحاس النقي جدا	١٢٠
٢ ـ نحاس + (٥٪) زنك	٣٢٠
٣ ـ نحاس + (٥٪) المنيوم	٢٩٠
٤ ـ المنيوم نقي تجاريا	٢٩٠
٥ ـ سبائك الالمنيوم	٣٢٠
٦ ـ النيكـل النقي	٣٧٠
٧ ـ نيكل + ٣٠٪ نحاس	٦٠٠
٨ ـ الحديد النقي	٤٠٠
٩ ـ الفولاذ الواطىء الكربون	٥٤٠
١٠ ـ المغنسيوم النقي	٦٥
١١ ـ سبائك المغنسيوم	٢٣٠
١٢ ـ الزنـك	١٠
١٣ ـ القصدير	ـ٣ (٣درجات تحت الصفر)
١٤ ـ الرصاص	ـ٣ (٣درجات تحت الصفر)

على سبيل المثال خذ صفين من الرصاص ذو صلادة معروفة ومشكل على البارد بأية طريقة كانت في درجة حرارة الغرفة ، ثم قس صلادة هذا الصفيح بعد التشكيل ، ستلاحظ بان الصلادة لم تتغير ، دليلا على ان الرصاص قد اعاد التبلور بعد التشكيل مباشرة . ولكن اذا وضعت هذا الصفيح في مجمدة لفترة زمنية كافية لاكسابه درجة حراره واطئة وتحت الصفر بعدة درجات . ثم شكله على البارد وقس صلادته وبسرعه . سوف تلاحظ زيادة في الصلادة طالما بقي الصفيح باردا ، الا انه سوف يفقد هذه الصلادة لدى ارتفاع درجة حرارته الى درجة حرارة الغرفة مثلا .

كما اسلفنا سابقا فان درجة حرارة اعادة التبلور تعتمد على عوامل كثيرة ، ولعل اهمها هي مقدار التشكيل البارد . حيث نلاحظ بانه كلما ارتفعت هذه النسبة كلما بدأت عملية اعادة التبلور في درجات اوطأ ، اي وعلى سبيل المثال ، لدى تخمير معدن الالمنيوم المشكل على البارد بنسبة (٢٠٪) فانه سوف يبدأ اعادة التبلور في درجة معينة ، الا انه لدى تخميره بنسبة تشكيل (٤٠٪) فانه يبدأ اعادة التبلور في درجة اوطأ من السابقة . الشكل (٩ـ٤) يبين العلاقة بين نسبة التشكيل البارد ودرجة حرارة اعادة التبلور لمعدني الحديد والالمنيوم . كما ان نسب عناصر السبك الموجودة في السبيكة تلعب دورا في تحديد درجة حراره اعادة التبلور . نلاحظ من الجدول رقم (٩ـ٣) بان درجة اعادة التبلور لمعدن الالمنيوم النقي هو حوالي (٢٩٠°م) ، في حين ان سبائك الالمنيوم تعيد التبلور في درجة (٣٢٠°م) بصورة عامة اي في درجة اعلى . وكذلك الحال بالنسبة للمعادن والسبائك الاخرى ، كما يتضح من نفس الجدول .

يتضح مما ورد اعلاه بان درجات حراره اعادة التبلور للمعادن والسبائك المختلفة ليست محددة بدقة ، بمعنى انها تتغير بتغير العوامل المؤثرة والمذكورة

اعلاه • بصورة عامة يمكن القول بان درجة حراره اعادة التبلور اي معـدن او سبيكة تعادل ثلث الى نصف درجة حراره انصهارها معبرا عنها بالدرجـات الحرارية المطلقة (درجة حرارة مئوية + ٢٧٣) •

٩-٢-١-٣- النمو البلوري او الحبيبي : Grain Growth

لدى تخمير المعدن المشكل على البارد في درجة حرارة اعلى من درجة حرارة اعادة تبلوره فان البلورات الجديدة والتي تكونت نتيجة اعادة التبلور سوف تنمو وتكبر حجما وذلك بالاتحاد مع البلورات الاخرى المجاورة لها ، الى ان تتحول البنية البلورية الى بنية ذات بلورات كبيرة الحجم • هذه الظاهــرة تسمى بالنمو البلوري وهي المرحلة الثالثة من مراحل عملية اعادة التبلور •

ان العوامل المؤثرة على النمو البلوري بشكل رئيسي هي :

١ ـ درجة حرارة التخمير المستعملة ، حيث بمقدار ارتفاعها فوق درجة حرارة اعادة التبلور تنمو البلورات •

٢ ـ فترة مكوث المعدن في درجة حرارة التخمير ، حيث كلما ازدادت الفتـرة الزمنية لمكوث المعدن في درجة حرارة التخمير كلما ازدادت البلـورات حجمـا •

٣ ـ نسبة التشكيل البارد الذي تعرض له المعدن مسبقا وقبل التخمير •

بصورة عامة يمكن القول بان مقدار التشكيل المفرط يؤدي عـادة الى الحصول على بلورات صغيرة نسبيا بعكس المقدار المنخفض من التشكيـل البارد •

الشكل (٩-٥) يبين العلاقة بين درجة حراره التخمير والحجم البلوري، والشكل (٩-٦) يوضح تأثير عامل الزمن على الحجم البلوري في درجـات

حرارة التخمير (٣٠٠، ٥٠٠، ٧٠٠°م) . الجدول (٩ـ٤) يبين تأثير درجة حرارة التخمير على الخواص الميكانيكية لسبيكة البراص (٧٠٪ نحاس + ٣٠٪ زنك) شكلت على البارد بمقدار (٥٠٪) ، علما بان الفترة الزمنية للتخمير كانت ثابتة في جميع درجات الحرارة المبينة وكانت تساوي ثلاثون دقيقة .

يتضح من هذا الجدول بان اعادة التبلور ودرجات حرارة التخمير المختلفة المستعملة تؤدي بصورة عامة الى تغييرات جذرية في الخواص الميكانيكية حيث تنخفض الصلادة والمقاومة بشكل ملحوظ في حين ان المطيلية تزداد بشكل ملحوظ ايضا .

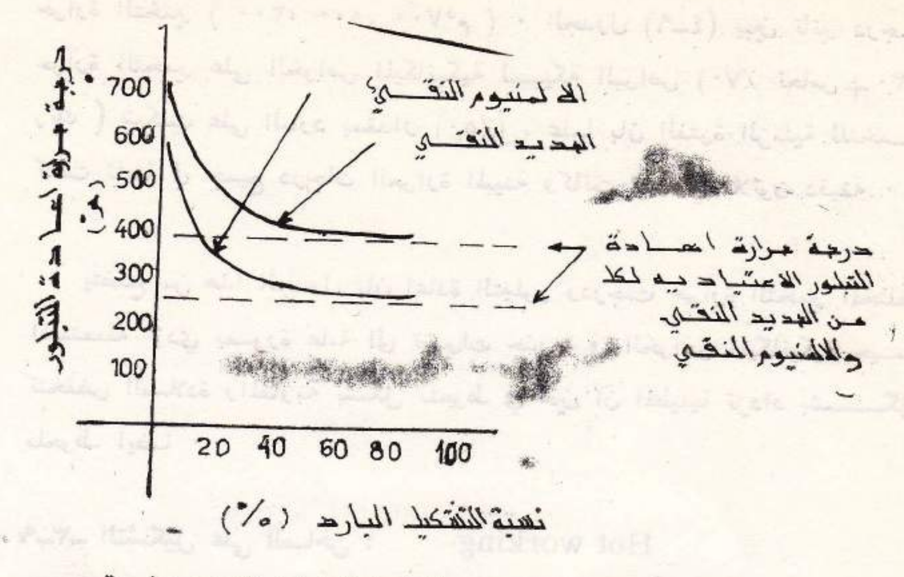
٩ـ٣ـ التشكيل على الساخن : Hot working

التشكيل على الساخن او التشكيل الساخن عبارة عن تشكيل المعادن فوق درجة حرارة اعادة تبلورها ، عند تشكيل معدن على البارد فان صلادته سوف تزداد لدى تشكيل المعدن على الساخن ، اي فوق درجة حرارة اعادة التبلور ،

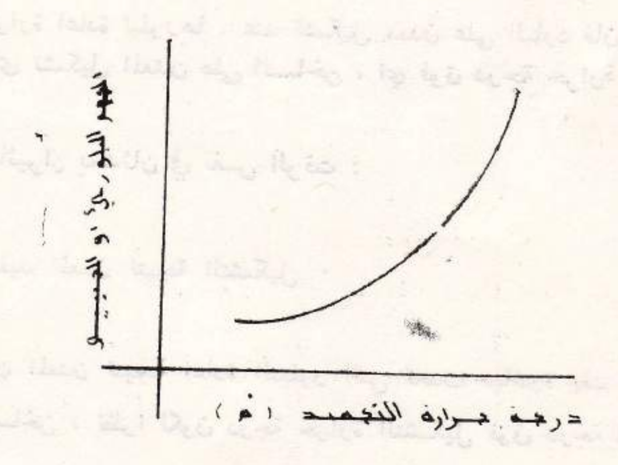
فهنالك تأثيران يحدثان في نفس الوقت :

١ ـ تصليد المعدن نتيجة التشكيل .

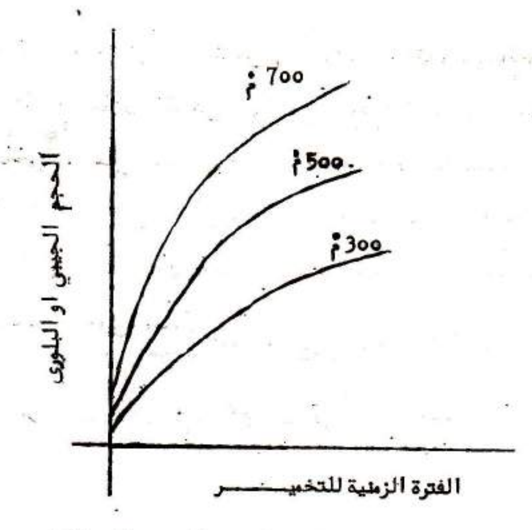
٢ ـ تليين المعدن نتيجة اعادة التبلور التي تحدث مباشرة بعد التشكيل على الساخن ، نظرا لكون درجة حرارة التشكيل فوق درجة اعادة التبلور .



شكل (٩ـ٤) العلاقة بين درجة حرارة اعادة التبلور ونسبة التشكيل البارد لمعدني الالمنيوم والحديد النقيين



شكل (٩ـ٥) العلاقة بين درجة حرارة التخمير والحجم البلوري



شكل (9 -6) العلاقة بين الفترة الزمنية للتخمير والنمو البلوري

جدول (9 -4) تأثير درجة حرارة التخمير على الخواص الميكانيكية للبراص (70% نحاس + 30 % زنك) مشكل على البارد بنسبة (50%) الفترة الزمنيـــة للتخمير ثلاثون دقيقـــة ٠

درجة حرارة التخمير (٥م)	صلادة روكويل*	مقاومة الشد (نيوتن/ملم²)	المطيلية (%)
لسبيكة في حالة التشكيل البارد	97	552	
I50	98	55.9	
200	I00	566	
250	I0I	566	
300	98	524	
350	80	4I4	
450	58	3I7	
600	34	304	
700	I4	290	

* الصلادة قيست تحت وزن يساوى (75 كغم) واستعمال كرة قطرها (I. 58 ملم) ٠

لذا فان اهمية التمييز بين التشكيل البارد والتشكيل الساخن تتضح من انه في حين ان هنالك معادن تشكل في درجة حرارة الغرفة ومع ذلك فهي تشكل على الساخن ، على سبيل المثال الرصاص والقصدير ، كمابينا اعلاه · بينما الفولاذ الواطيء الكربون التي تساوي درجة حرارة اعادة تبلوره حوالي (٥٤٠°م) ، يكون تشكيله على البارد اذا تم هذا التشكيل في درجة (٥٣٨°م) على سبيل المثال ·

٩ـ٣ـ١ـ مقارنة بين التشكيل البارد والساخن :

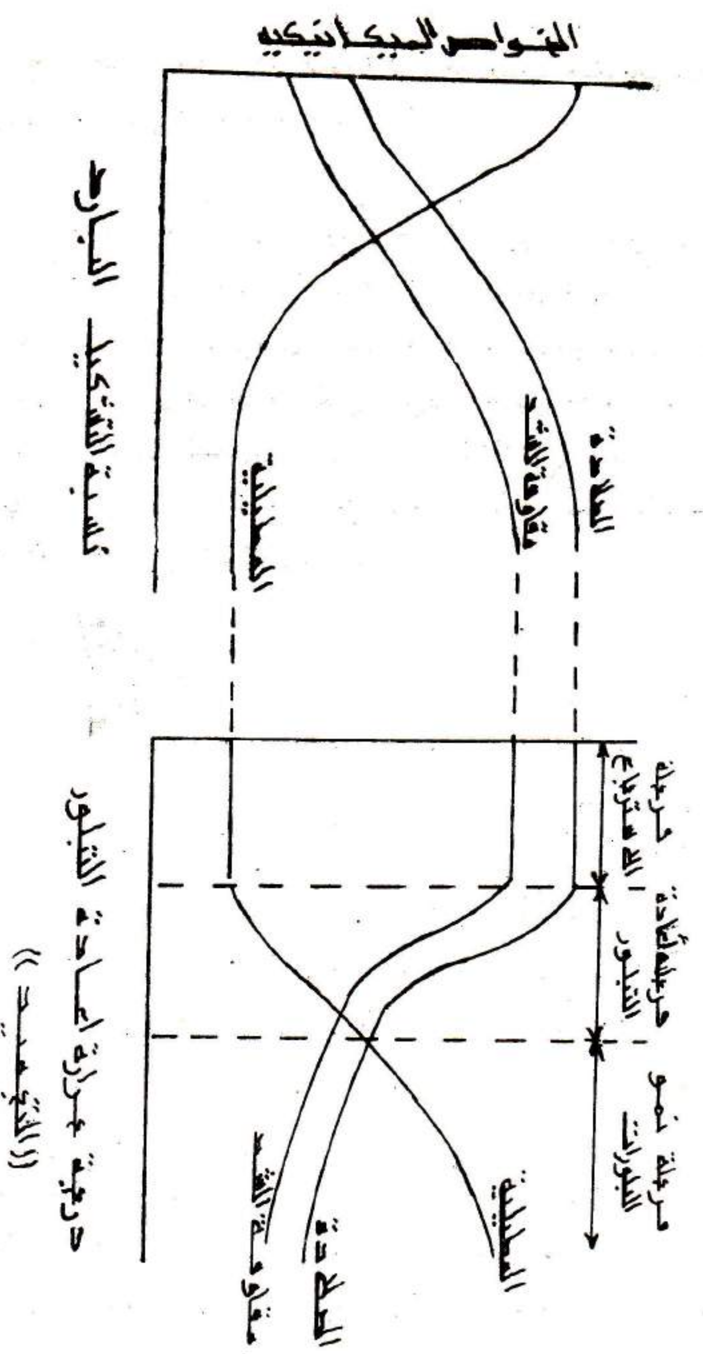
الشكل (٩ـ٧) يبين تأثير كل من التشكيل البارد والتخمير او اعادة التبلور على الخواص الميكانيكية · يتضح من الشكل بان الزيادة في الخواص الميكانيكية مثل الصلادة والمقاومة الناتجة من التشكيل البارد سوف تهبط خلال التخمير وتعود تقريبا الى ما كانت عليه في المعدن قبل التشكيل ·

كذلك فان المطيلية التي تنخفض بعد التشكيل البارد سوف تستعاد بعد التخمير بصورة شبه كاملة ، لاحظ ان الخواص الميكانيكية لا تتأثر خلال مرحلة الاسترجاع ، الا انها تتغير بشكل شبه فجائي في مرحلة اعادة التبلور اي بعد الوصول الى درجة حرارة اعادة التبلور مباشرة ، مؤشرة بذلك بداية مرحلة اعادة التبلور · تستمر الخواص الميكانيكية (الصلادة والمقاومة) بالانخفاض بعد تجاوز هذه المرحلة حيث تبدأ مرحلة النمو البلوري ·

معظم المنتوجات المعدنية تنتج من المسبوكات الاولية كما اسلفنا ، لانتاج الالواح والصفائح والشرائط من هذه المسبوكات الاولية فان التشكيل الساخن هي العملية الاكثر اقتصادية · على كل حال فانه في بعض الحالات ، تشكيل الفولاذ على الساخن مثلا ، فان الفولاذ الساخن سوف يتفاعل مع اوكسجين الهواء خلال العملية وبعد التشكيل مكونا قشرة اوكسيدية

على اسطح القطع المنتجة . ان هذه القشرة قد تسبب صعوبات لدى عمليات التشكيل او التشغيل اللاحقه .

ليس بالامكان ضبط ابعاد المنتوجات المشكلة على الساخن بدقة عالية نظرا للتغير الحاصل في الحجم خلال عملية التسخين والتبريد اللاحق . لذا فان عمليات التشكيل البارد تفضل عليها نظرا لامكانية السيطرة على الابعاد الى حد بعيد . اضافة الى ان التشكيل البارد لا يسبب التأكسد او القشرة الاوكسيدية . الا ان التشكيل البارد يتطلب طاقة اكبر لانجاز العمل ، كون المعدن في الحالة الباردة اكثر مقاومة للتشكيل عنه في الحالة الساخنة ، ومن هنا فانه اكثر كلفة من التشكيل الساخن .



شكل (٩ـ٧) مقارنة بين التشكيل البارد وإعادة التبلور اللاحقة على الخواص الميكانيكية

ولغرض الاستفادة من مزايا كلا العمليتين فان التشكيل يجري عـــادة وفي المراحل الاولية على الساخن لتحقيق اكبر مقدار من التشكيل ، ثم ينجـز العمل بلتشكيل على البارد ، وبذلك يمكن ضبط الابعاد النهائية وازالـــة القشرة الاوكسيدية وتحسين بعض الخواص الميكانيكية ٠

ـ اسـئلة ـ

س١ : أ ـ ما المقصود بالتشكيل البارد ؟

ب ـ ما هي اهم تأثيراته على البنية البلورية والخواص ؟

ج ـ هل يؤثر على الخواص الكيمياوية للمعادن ؟ كيف ؟

د ـ ارسم منحنى يبين التغييرات في كل من الخواص التالية نتيجة التشكيل البارد في قطعة من النحاس :

١ ـ الصلادة ٢ ـ مقاومة الخضوع ٣ ـ مقاومة الشد ٤ ـ المطيلية ٥ ـ التوصيل الكهربائي

س٢ ـ ارسم منحنى يبين تأثير التشكيل البارد على التوصيل الكهربائي للمعادن والسبائك التالية :

١ ـ النحاس النقي ٢ ـ الالمنيوم النقي ٣ ـ ٧٠٪ نحاس + ٣٠٪ زنك، ٤ ـ ٩٠٪ نحاس + ١٠٪ زنك ٠

س٣ ـ أ ـ ما هو التخمير ؟

ب ـ ما هي اعادة التبلور ؟

ج ـ ما هي درجة حرارة اعادة التبلور ؟

د ـ ما هي المراحل التي يمر بها المعدن لدى اعادة التبلور ؟

س٤ ـ أ ـ ما علاقة درجة حرارة اعادة التبلور بدرجة انصهار المعدن ؟

ب ـ اذكر درجة اعادة التبلور لكل من المعادن والسبائك :

١ ـ النحاس ٢ ـ نحاس + ٥٪ زنك ٣ ـ سبائك الالمنيوم ٤ ـ فولاذ واطيء الكربون ٥ ـ الرصاص النقي ٦ ـ سبائك المغنسيوم

ج ـ ما هي اهم العوامل المؤثرة على درجة حرارة اعادة التبلور ؟

د ـ هل يمكن تشكيل الرصاص على البارد ؟ اشرح ٠

هـ ـ اذا شكل معدن الزنك في درجة حرارة (٣٥م) هل يتصلد ؟ لماذا ؟

س٥ : أ ــ ماهو التشكيل على الساخن ؟

ب ــ شكل معدن القصدير في درجة (١٠٠°م) وفي درجة صفر درجة مئوية ٠

١ ــ ما هي نوعية كل من العمليتين

٢ ــ ما هي تأثيرات العمليتين على خواص القصدير ؟

جـ ــ ماذا يحدث اثناء تشكيل المعدن على الساخن او بعده مباشرة ؟

س٦ : أ ــ قارن بين التشكيل البارد والتشكيل الساخن من حيث :

١ ــ الكلفة الاقتصادية ٠

٢ ــ الخواص الميكانيكية الناتجة ٠

٣ ــ امكانية ضبط ابعاد المنتوج ٠

ب ــ ارسم منحنيات تبين العلاقة :

١ ــ بين الخواص الميكانيكية ونسبة التشكيل البارد ٠

٢ ــ بين الخواص الميكانيكية ودرجة حرارة التخمير ٠

الفصل العاشر

(بعض المواد الهندسية الشائعة)

Common Engineering Materials

الفصل العاشر

(بعض المواد الهندسية الشائعة)

Common Engineering Materials

المقدمـــــة :

هنالك عدد هائل من المواد الهندسية التي تستعمل للاغراض المختلفة ، ويكفي ان نلتفت حولنا لنشاهد الحديد والفولاذ والنحاس والالمنيوم وانواع اللدائن Plastics) وانواع المواد الخزفية والزجاج والخشب ٠

في الفصل الاول من هذا الكتاب تطرقنا لى اساليب انتاج المعـــــادن الحديدية واللا حديدية ٠ في هذا الفصل سوف نركز اهتمامنا على خـواص واستعمالات بعض المواد الهندسية الشائعة الاستعمال وللاغراض الشـــتى ، وخاصة المواد الحديدية او الفولاذية والمواد اللا حديدية مثل النحاس والالمنيوم والمغنسيوم وسبائكها وغيرها ٠

١٠ـ١ـ الحديد والفولاذ : Iron and Steel

١٠ـ١ـ١ـ الحـديد : The Iron

معدن الحديد هو المكون الاساسي لبعض اهم انواع المواد الهندســـية ، وهو يستعمل في الحالة النقية تقريبا ويسمى بالحديد المسبوك

لاغراض متعددة منها مجاري اسالة الماء ، التسقيف ، مجاري التبريد والتكييف وفي اجزاء متعددة من المجمدات ومكائن الغسيل ٠ الحديد المسبوك يتكون كما يلـي :

١ ـ الكربون بنسبة (١٢ر٠٪) ٠

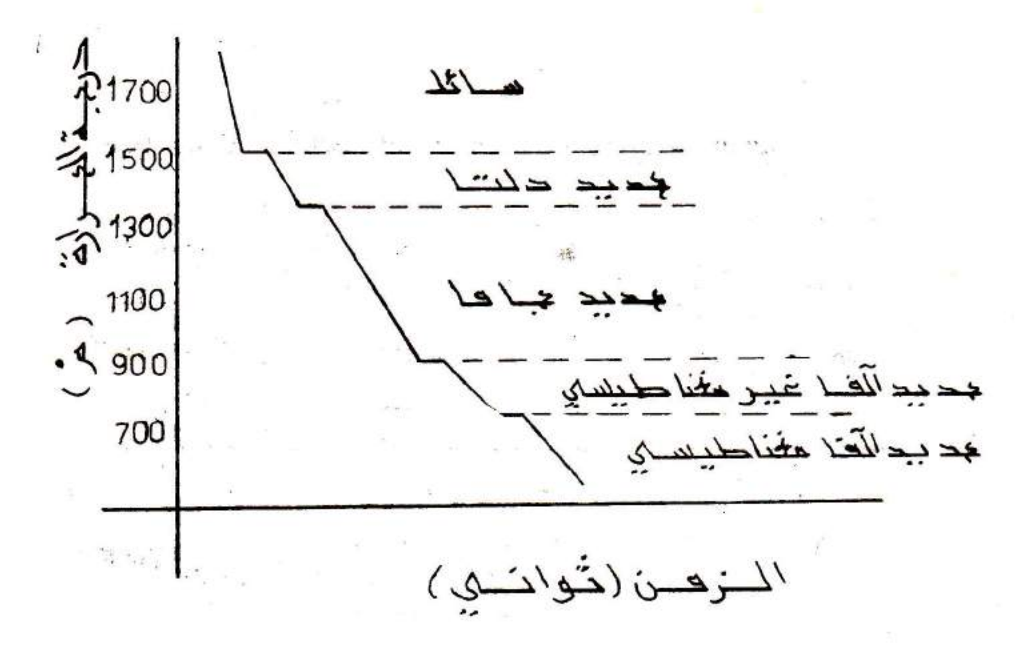
٢ ـ المنغنيز بنسبة (١٧ر٠٪) ٠

٣ ـ الفسفور بنسبة (٠٠٥ر٠٪) ٠

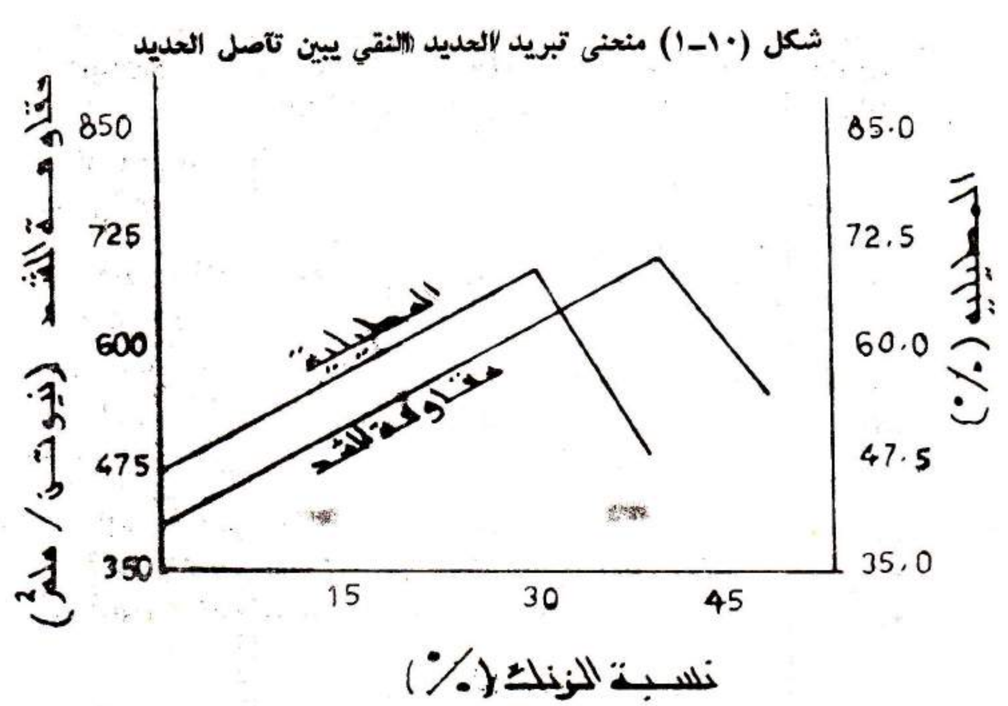
٤ ـ الكبريت بنسبة (٠٢٥ر٠٪)

٥ ـ السليكون بكميات ضئيلة ، والباقي هو الحديد ٠

الحديد معدن متأصل (Allotropic) والذي يعني بأن الحديد يمكنه التواجد في إكثر من نوع واحد من الشبكات الحيزية (انظر الفصل الخاص بالخواص الفيزياوية والميكانيكية من هذا الكتاب) وذلك استنادا الى درجة الحرارة ٠ الشكل (١٠ـ١) يبين منحنى تبريد الحديد من فوق درجة انصهاره في حوالي (١٥٣٥° م) الى درجة حرارة الغرفة (منحنى التبريد هو عبارة عن العلاقة بين تبريد معدن منصهر اي فقدانه لدرجة الحرارة وبين الفترة الزمنية الضرورية للتحول من حالة الى اخرى ، من السائل الجامد على سبيل المثال)٠



شكل (١٠-١) منحنى تبريد الحديد النقي يبين تآصل الحديد



الشكل رقم (١٠-٢) تاثير الزنك على الخواص الميكانيكية للنحاس

جدول (10 — ١) الخواص الميكانيكية للحديد المسبوك والحديد المطاوع

المعدن	مقاومة الشد نيوتن / ملم²	مقاومة الخضوع نيوتن / ملم²	المطيلية %	الصلادة (برينيل)
الحديد المسبوك	309	178	43	60
الحديد المطاوع	355	230	25	105

جدول (10 -2) الخواص الميكانيكية لانواع الفولاذ الكربوني

نوع الفولاذ	مقاومة الشد (نيوتن /ملم²	مقاومة الخضوع (نيوتن /ملم²)	المطيلية (%)	الصلادة (برينيل)	مقاومة الصدمة (جول)
١- فولاذ واطئ الكربون					
(0.14 %) كربون	417	216	44	117	123
(0.24%) كربون	478	247	34	134	82
٢- فولاذ متوسط الكربون					
(0.35 %) كربون	571	309	23	164	18
(0.56 %) كربون	772	463	18	220	13
٣- فولاذ عالي الكربون					
(0.65 %) كربون	772	463	22	--	--
(1.15 %) كربون	865	587	7	--	3
(1.30 %) كربون	741	556	2	--	7

يتضح من هذا المنحى بان الحديد النقي يتواجد في الانواع التالية من الشبكات الحيزية في درجات الحرارة المؤشرة :

١ – في درجة حرارة بين (١٤٠٠–١٥٣٠°م) يكون الحديد النقي ذو شبكة حيزية مكعبة متمركزة الجسم ويسمى بحديد دلتا (Delta Iron) .

٢ – في درجة حرارية بين (٩٠٦–١٤٠٠°م) يكون ذو شبكة حيزية مكعبة متمركزة الاوجه ويسمى بحديد جاما (Gamma Iron) .

٣ – في درجة حرارية بين (٧٧٠–٩٠٦°م) يكون ذو شبكة حيزية مكعبة متمركزة الجسم ويسمى بحديد الفا (Alpha Iron) .

٤ – تحت درجة (٧٧٠°م) والى درجة حرارة الغرفة يكون الحديد ذو شبكة حيزية مكعبة متمركزة الجسم ويسمى ايضا بحديد الفا ·

علما بأن الحديد يفقد خاصيته المغناطيسية فوق درجة (٧٧٠°م) ·

نوع اخر من الحديد النقي يسمى بالحديد المطاوع (Wrought Iron)

الحديد النقي يكون لينا جدا وله خواص ميكانيكية منخفضة نسبيا· هنالك وهو عبارة عن خليط من الحديد النقي والخبث ، وبصورة خاصة خبث سليكات الحديد وبكميات لا تتجاوز (١–٤٪) · وينتج هذا الحديد بخلط الحديد النقي المنصهر مع كميات من سليكات الحديد المصهورة ايضا ، حيث يترك الخليط ليجمد · بعد الانجماد يدرفل المسبوك الناتج الى الواح بأسماك مختلفة ، حيث يجري تشكيلها لاحقا الى قضبان ، انابيب وصفائح وما شابه· البنية البلورية لهذا الحديد تحوي اضافة الى بلورات الحديد جسيمات او شرائح من سيلكات الحديد التي تعطي الخواص النهائية لهذا الحديد ، يمتاز هذا النوع من الحديد بالمطيلية العالية ومقاومة التآكل والتأكسد ويمتلك قابلية تشكيل ولحام جيدتين ·

الجدول (١٠–١) يعطي الخواص الميكانيكية للحديد المطاوع مقارنة مع خواص الحديد المسبوك ويكثر استعمال الحديد المطاوع في الاستعمالات التي

تعاني من مشاكل التآكل مثل انابيب مياه الشرب ومياه المجاري وخزانات التصفية والاسيجة ٠

١٠ـ١ـ٢ـ الفولاذ : (الصلب) : The Steel :

يعتبر الكربون من اهم العناصر التي تضاف الى الحديد النقي والذي يؤدي الى تغييرات شاملة في البنية والخواص ٠ وتكفي كميات قليلة من الكربون في الحديد لاحداث تغييرات جذرية ٠ يضاف الكربون الى الحديد عادة بكميات تتراوح بين (٠٣ر٠ ـ ٢ر٠٪) الناتج من هذه الاضافة يسمى بالفولاذ(Steel) وقد تضاف كميات اكبر من (٢ر٠٪) من الكربون الى الحديد ، على سبيل المثال التي تحوي ما بين (٥ر٢ـ٥ر٣٪) (Cast Irons) في انواع الحديد الزهر من الكربون اضافة الى عناصر اخرى سبق وان اشرنا اليها في الفصل الاول من هذا الكتاب ٠ اضافة الى الكربون ، يمكن ايضا اضافة العديد من العناصر الى الحديد او الفولاذ وذلك لاغراض شتى سناتي على ذكرها لاحقا ٠ ومن اهم هذه العناصر النيكل ، الكروم ، المنغنيز ، التنجستن ، الفناديوم ، الالمنيوم والسليكون على سبيل المثال لا الحصر ٠

فيما يلي نستعرض الانواع المهمة من الفولاذ ، خواصها واستعمالاتها ٠

١٠ـ١ـ٢ـ١ـ انواع الفولاذ (الصلب) : Classification of Steels

استنادا الى نسبة الكربون الموجودة في الفولاذ والعناصر الاخرى المضافة اليه يمكن تقسيم انواع الفولاذ الى الانواع الرئيسية لتالية :

١ ـ الفولاذ الكربوني الاعتيادي ٠ (Plain Carbon Steel)

٢ ـ الفولاذ السبائكي ٠ (Alloy Steel)

١٠ـ١ـ٢ـ١ـ١ـ الفولاذ الكربوني الاعتيادي : Plain C-Steel

يقسم الفولاذ الكربوني الاعتيادي الى الانواع التالية :

١ ـ الفولاذ الطوي او الوطىء الكربون (Low C- Steel Mild Steel)

٢ ـ الفولاذ الكربوني المتوسط الكربون (Medium C-Steel)

٣ ـ الفولاذ الكربوني العالي الكربون (High C-Steel)

٤ـ فولاذ العدد الكربوني (Carbon Tool Steel)

الفولاذ الطري او الواطىء الكربون يحوي نسبة كربون حوالي (١ر٠ـ٣ر٠٪) ويكثر استعماله في قضبان التسليح ، الاجزاء المطروقة او المشكلة بالحدادة ، اللوالب ، المسننات واعمده الدوران .

الفولاذ المتوسط الكربون يحوي نسبة كربون حوالي (٣ر٠ـ٦ر٠٪) ويستعمل لصناعة الاسلاك واعمدة ومحاور الدوران ، كلاب الرافعات ،النوابض والاسلاك الظفيرية (Wire Ropes)

الفولاذ العالي الكربون يحوي حولي (٦ر٠ـ٩ر٠٪) كربون ، ويستعمل لصناعة قوالب الحدادة التساقطية ، مفكات اللوالب (Screw Drivers)

المناشير ، المثاقيب ، المطارق ، النوابض الصفيحية ، الاسلاك الكهربائية ، قوالب عمليات التشكيل والكبس على البارد ، مثاقيب الصخور وبعض العدد اليدوية الاخرى .

فولاذ العدد الكربوني يحوي حوالي (٩ر٠ـ٤ر١٪) من الكربون ويستعمل لصناعة النوابض ، الاسلاك ذات مقاومة الشد العالية والمستعملة لتعليق الجسور المعلقة ، السكاكين ، المثاقيب ، قوالب تسنين اللوالب او الصامولات، المحامل او كراسي التحميل ، عدد المبارد ، عدد قطع المخرطة ، المناشير ،

واجزاء من المعدات التي تتعرض الى الاحتكاك ٠

الجدول (١٠-٢) يعطي الخواص الميكانيكية لانواع الفولاذ الكربوني الاعتيادي ٠

١٠-١-٢-١-٢- الفولاذ السبائكي : Alloy Steel

الهدف الاساسي من اضافة عناصر عدا الكربون الى الفولاذ الكربوني هي:

١ - تحسين الخواص الموجودة اصلا في الفولاذ الكربوني ٠

٢ - استحداث خواص غير موجودة اصلا في الفولاذ الكربوني ٠

ولدى اضافة هذه العناصر والتي تسمى بعناصر السبك (Alloying Elements) الى الفولاذ الكربوني فانها تؤدي الاهداف التالية :

١ - تحسين قابلية الاصلاد اي زيادة عمق الاصلاد ٠

٢ - تحسين المقاومة في درجة حرارة الغرفة ٠

٣ - تحسين مجمل الخواص الميكانيكية في درجات الحرارة العالية ٠

٤ - تحسين المتانة او مقاومة الصدمة ٠

٥ - تحسين مقاومة الاحتكاك ٠

٦ - تحسين مقاومة التآكل ٠

٧ - تحسين الخواص المغناطيسية ٠

فيما يلي نستعرض بعض عناصر السبك المهمة وتأثيرها على خواص الفولاذ الكربوني ٠

١ - النيكـــل (Ni):

يضاف النيكل عادة بنسبة حوالي (٥٪) لزيادة مقاومة ومتانة الفولاذ ٠ كما انه يضاف بنسب اعلى لانتاج الفولاذ المقاوم الصدأ(Stainless Steel) حيث تبلغ هذه النسبة حوالي (٨٪) ٠ وقد تصل الاضافات الى حـــوالي

(٣٦٪) في بعض الانواع الخاصة من الفولاذ السبائكي التي تمتاز بانعـــدام تمددها الحراري تقريبا ، مثل فولاذ انفار (Invar) الذي يستعمل عادة في اجهزة القياس الدقيق ٠

الاهداف الاساسية من اضافة النيكل الى الفولاذ هي :

١ ـ تحسين مقاومة الشد ٠

٢ ـ تحسين مقاومة الصدمة او المتانة ٠

٣ ـ خفض معامل التمدد الحراري ٠

٤ ـ تحسين الخاصية المغناطيسية وخاصة النفاذية المغناطيسية (Magnetic Permeability)٠

٢ ـ الكـروم (Cr) :

يضاف الكروم الى الفولاذ للاهداف التالية :

أ ـ مقاومة التأكسد بتأثير الغازات الحارة ٠

٢ ـ تحسين مقاومة التآكل ٠

يضاف الكروم بنسب واطئة وذلك الى الفولاذ المستعمل لصناعة المحامـل واجهزة التجليخ ٠ ويضاف بنسب اعلى ، حيث تصل الى حوالي (٢٥٪) وذلك لتحسين مقاومة التآكل ٠ الفولاذ الذي يحوي نسبة واطئة من الكربون وحوالي (١٣٪) من الكروم يسمى بالحديد المقاوم للصدأ (Stainless Iron) ، ويستعمل عادة لصناعة احواض الغسيل والبطانة الداخلية للمجمـــدات والثلاجات ، ويضاف الكروم بنسبة حوالي (١٣٪) الى الفولاذ الكربوني ذو نسبة (٣ر٠٪) من الكربون لصناعة الشفرات ٠

٣ ـ السليكـون (Si) :

يضاف السليكون الى الفولاذ الكربوني الاعتيادي لهدف اساسي هـــو

تحسين مقاومة الفولاذ ضد التأكسد في درجات الحرارة العالية (Scaling)
ولا تتجاوز النسب المضافة من السليكون نسبة (٢٥ر٠٪) · يستعمل الفولاذ
السبائكي الحاوي على السليكون لانتاج قلوب المحولات
(Transformer Cores)
ولانتاج الملفات الكهربائية ·

٤ ـ النحـاس (Cu) :

لا يضاف النحاس الى الفولاذ الكربوني باكثر من نسبة ٥ر١٪) ويضاف للاهداف التالية :

١ ـ تحسين مقاومة التآكل ·

٢ ـ تحسين قابلية التشغيل والقطع بمكائن التشغيل ·

٥ ـ الفناديـــوم (V). :

يضاف للاهداف التالية :

١ ـ تحسين قابلية الاصلاد اي عمق الاصلاد ·

٢ ـ مقاومة التليين او الاحتفاظ بالصلادة في درجات الحرارة العالية ·

يضاف الفناديوم عادة الى الفولاذ السبائكي المستعمل لصناعة قوالـــب البثق ، قوالب الحدادة ، قولب السباكة في القوالب الدائمية ومعدات أخرى تستعمل عادة في درجات الحرارة العالية مثل عدد القطع السريع ·

٦ ـ المولبدنوم (Mo) :

يضاف للاهداف التالية :

١ ـ الجمع بين خاصيتي مقاومة الشد العالية والمطيلية الجيدة ·

٢ ـ تحسين مقاومة الصدمة او المتانة ·

٣ ـ تحسين قابلية التشغيل ومقاومة التزحف ٠

يضاف هذا المعدن الى الفولاذ السباكي المستعمل لصناعة عدد القطع السريع ٠

هنالك انواع عديدة من الفولاذ السبائكي التي تحوي واحدا او اكثر من عناصر السبك الانفة الذكر وغيرها ، نستعرض فيما يلي عددا من اكثرها شيوعا ٠

١ ـ الفولاذ المقاوم للحرارة : (Heat-Resisting Steel)

الفولاذ الذي يستعمل في الاجزاء من المعدات التي تتعرض الى الحرارة العالية يجب ان يمتاز بما يلي :

أ ـ مقاومة التاكسد بتأثير الغازات الحارة ٠

ب ـ مقاومة تزحف (Creep Strength) عالية ٠

جـ ـ ثبات البنية البلورية وعدم تغيرها نتيجة التعرض لدرجات الحرارة العالية ٠

مثل هذه الانواع من الفولاذ تستعمل في معدات اجهزة الاحتراق الداخلي ، صمامات محركات الطائرات ، بكافة الافران ، محاور دوران التوربينات الغازية معدات وصناديق المعاملة الحرارية ، نفاثات الاحتراق وما شابه العناصر التي تكسب الفولاذ الخوص لمذكورة اعلاه هي الكروم والسليكون ، ويضاف النيكل لاغراض اخرى ، لغرض زيادة مقاومة التزحف تضاف عادة كميات من المولبدنوم والفناديوم ٠

الجدول (١٠ـ٣) يعطي التركيب الكمياوي والخواص الميكانيكية لعدد من انواع هذا الفولاذ ٠

٣ ـ فولاذ المنغنيز : (Manganese Steel)

يضاف المنغنيز الى الفولاذ لهدف اساسي هو زيادة المتانة ومقاومة الصدمة النوع الاكثر استعمالا من هذه الانواع من الفولاذ هو ما يسمى عادة بفولاذ هاد فيلد (Hadfield's Steel) والذي يحتوي على حوالي (٥ر١٢٪) منغنيز و (٢ر١٪) كربون · ويكثر استعمال هذا الفولاذ لمعدات كسارات الصخور · الجدول (١٠ـ٣) يعطي خواص هذا النوع من الفولاذ ·

جدول (3 -I0) التركيب الكيمياوى والخواص الميكانيكية لبعض انواع الفولاذ

نوع الفولاذ	التركيب الكيمياوى (%) C	Si	Mn	Cr	Ni	مقاومة الشد (نيوتن /ملم^2)	مقاومة الخضوع (نيوتن /ملم^2)	المطيلية (%)
الفولاذ المقاوم للحرارة								
١-	0,I	I,5	I,0	I9,0	II,0	698	347	55
٢-	o,5	o,2	9,o	2I,0	4,0	I00I	585	I6.
٣-	0,45	3,5	o,5	8,o	-	I00I	80I	23
فولاذ المنغنيز								
١-	0,38	-	o,7	-	-	649	4I7	25
٢-	I,o	-	I3,0	-	-	849	-	40

جدول (I0 -4) التركيب الكيمياوى والخواص الميكانيكية لبعض انواع فولاذ القطع السريع

نوع الفولاذ	التركيب الكيمياوى (%) C	Cr	V	W	Mo	Co	صلادة فيكرز في (20 م) (Hv)	صلادة فيكرز في (550 م) (Hv)
لـ لقطع السهل	o,65	3,9	o,5	I4	-	-	775	520
لـ لقطع بالسرعه الاعتيادية	o,85	4,I	I,9	6,5	5,I	-	9I0	600
للقطع بالسرعه العالية	o,8	4,I	I,5	20,5	-	I2	9I5	6I0
قطع المواد الصلدة	I,3	4,I	3,o	9,o	3,0	9,5	965	645

تصنع معدات القطع السريع بواسطة معدات التشغيل والقطع المختلفة مثل أفلام القطع في المخرطة والفريزة من هذا النوع من الفولاذ • العناصر العناصر الاساسية في هذا النوع هي الكروم والتنجستن والكربون ، وتضاف كميات قليلة جدا من الكبريت لتحسين قابلية التشغيل في بعض العدد الخاصة •

الجدول (١٠ـ٤) يعطي خواص واستعمالات بعض الانواع من هذا الفولاذ وذلك استنادا الى ظروف القطع ، اي القطع بسرعة اعتيادية ، عالية او قطع المواد العاليه لصلادة،الخاصيه الاساسية في هذا الفولاذ هو الاحتفاظ بالصلادة في درجات الحرارة العالية التي تنتج في عملية لقطع السريع نتيجة الاحتكاك الشديد •

٤ ـ الفولاذ المقاوم للصدأ : (Stainless Steel)

الخاصية الاساسية في هذه الانواع من الفولاذ هي مقاومة التآكل (Corrosion Resistance) ، والعنصر الاساسي الذي يقوم بهذه المهمة هو الكروم • هنالك انواع عديدة من هذا الفولاذ يصعب شرحها هنا نظرا للحاجة الى معلومات اساسية لا يمكن توفيرها هنا •

تستعمل هذه الانواع من الفولاذ لاغراض متعددة للغاية ، لعل اهمها اعمدة الربط في السيارات ، اللوالب والصامولات ، معدات الطبخ المنزلية ، معدات الزينة ، ومعدات اخرى عديدة تستعمل عادة في الاجواء التي تشجع على التآكل مثل السوائل والغازات واجواء البحر وما اليها •

الجدول (١٠ـ٥) يعطي خواص بعض هذه الانواع من الفولاذ ، وخاصة الانواع ذات نسب عناصر سبك واطئة ، متوسطة وعالية •

١٠-٢- الكربيدات الصلدة : Hard Carbides

كربيدات بعض المعادن مثل التيتانيوم ، التنجستن والتنتالوم تمتاز بصلادة فائقة ودرجة انصهار عالية ومقاومة احتكاك عالية جدا ، بالامكان تحسين هذه الخواص بخلط انواع من هذه الكربيدات مع بعضها ، كما هي الحال في اقلام القطع المستعملة لقطع الفولاذ ، اضافة الى هذه الخواص فان هذه الكربيدات تمتاز بخاصية الاحتفاظ او عدم فقدان الصلادة نتيجة التسخين الناتج من الاحتكاك اثناء عملية القطع . ان هذه الخواص قلما تتوفر في المواد الهندسية الاخرى . لذلك فان هذه الكربيدات تستعمل بالدرجة الاساس لقطع الفولاذ والمعادن والسبائك الاخرى ذات الصلادة العالية نسبيا . اضافة الى ذلك فانها

جـدول (I0 - 5) التركيب الكيمياوى والخواص الميكانيكية لبعض انواع الفولاذ العديم الصدأ.

نوع الفـولاذ	التركيب الكيمياوى (%) C	Cr	Ni	Mo	مقاومة الشد (نيوتن / ملم²)	مقاومة الخضوع (نيوتن / ملم²)	المطيلية (%)	صلادة فيكرز (Hv)
واطيء السبائك	0,06	I3	–	–	4I6	280	20	I70
متوسط السبائك (مصلـد)	0,I5	I6,5	2,5	–	880	695	22	270
عالي السبائك (غير مصلد)	0,08	I8,0	I5,0	3,5	525	2I6	40	I70

جـدول (I0 - 6) التركيب الكيمياوى والصلادة لبعض أنواع الكربيدات مع الاستعمالات النموذجية

الكربالت	التركيـب الكيميـاوى (%) كربيـد التنجستن	كربيـد التنتالوم	كربيـد التتانيوم	الموليبدوم (Mo)	صلادة فيكرز (HV)	الاستعمال
6	94	–	–	–	I750	يستعمل هذان النوعان
9	9I	–	–	–	I250	لقطع الحديد الزهـر والمعادن والسبائك اللاحديديـة
20	80		–	–	I000	قوالب ومعـدات للتشكيل على البارد •
I0	70	I0	I0	–	I520	لقطع الفولاذ تحت سرع قطع عالية •
I0	79	8	3	–	I480	لقطع الفولاذ تحت سرع قطع متوسطة •
I0	–	–	80	I0	I650	لقطع الفولاذ او الحديد الزهر تحت سرعة قطـع عالية جداً تتراوح بيـن (300-I80 م) دقيقة

تستعمل لاغراض اخرى مثل رؤوس المثاقيب المستعملة في معدات جراحة الاسنان، مكابس معدات التشكيل البارد ، بعض المسننات ورؤوس الكتابة في الاقـــلام الجافة ٠

الجدول (١٠ـ٦) يبين التركيب الكيماوي وصلادة فيكرز لهذه الكربيـدات مع اهم مجالات الاستعمال ٠

١٠ـ٣ـ المعادن الحديثة : New Metals

في بداية القرن الحالي استعمل عدد قليل جدا من المعادن الستون المعروفة كمواد هندسية قبل ربع قرن تقريبا دخل الالمنيوم ، والمغنسيوم بشكل واسع مجال الاستعمال كمواد هندسية وذلك لتغطية متطلبات صناعة الطائرات ، بعد ذلك بقليل بدأ استعمال معدن التيتانيوم وسبائكه لتغطية الحاجة الى معـــادن ذات وزن خفيف ومقاومة عالية ودرجة انصهار مرتفعة ومقاومة تآكل عالية في نفس الوقت ٠

ان التطور السريع والواسع الحاصل في مختلف الصناعات الهندســـية تستوجب باستمرار توفير واستخدام معادن وسبائك تفي بمتطلبات هـــذا التطور ٠

فيما يلي عرض لبعض المعادن التي دخلت طور الاستخدام في الســـنوات الاخـيرة ٠

١٠ـ٣ـ١ـ البريليوم : Beryllium

بدأ استعمال البريليوم صناعيا سنة ١٩١٦ رغم انه قد اكتشف ســـنة ١٧٩٧ ٠ يستعمل هذا المعدن حاليا وبشكل واسع في مجالات الطاقة والمفاعلات النووية ٠

تمتاز بعض المعادن وبضمنها البريليوم بان لها قابلية امتصاص واطئة للنيوترونات ، بمعنى انها لا تتفاعل مع النيوترونات بشدة بل تسمح لها باختراقها دون ان تمتصها. هذه الخاصية اهلت البريليوم للاستخدام لصناعة حاويات رقيقة الجدران تستعمل في المفاعلات النووية اضافة الى ذلك فان هذا المعدن يمتاز ، رغم خفة وزنه ، بدرجة انصهار عالية نسبيا مما يؤهله للاستعمال للاغراض شتى . ان هذه الخواص ، وخاصة خفة الوزن ، المقاومة الجيدة ، ومقاومة التآكل الجيدة اهملت البريليوم للاستخدام في الغواصات النووية . ولعل من عيوب هذا المعدن التقصف الذي يحد من تطوير استعماله كمادة هندسية . ولكن بالرغم من ذلك فانه بالامكان تشكيله الى مقاطع مختلفة كالقضبان والانابيب وما شابه وذلك بواسطة البثق (Extrusion) كما انه بالامكان تشكيله على الساخن بطرق التشكيل الاخرى .

١٠-٣-٢- الزركونيوم : Zirconium

امكن انتاج هذا المعدن نقيا سنة ١٩٤٤ وبدرجة نقاوة عالية نسبيا ، وهو حاليا واحد من اهم المعادن المستعملة في المفاعلات النووية . يمتاز عن البريليوم بمقاومة تآكل اعلى ومطيلية اعلى بكثير ، لذلك فان تشكيله لا يشكل صعوبة على ان يتم ذلك في الحالة النقية ، نظرا لكون اوكسيد الزركونيوم قصفا للغاية .

يكون الزركونيوم لينا جدا في درجات الحرارة العالية اضافة الى سهولة تاكسده في هذه الدرجات وذلك بواسطة بخار الماء وثاني اوكسيد الكربون ، لقد تمت معالجة هذه الصعوبات وذلك باستعمال سبائك الزركونيوم والتي من اهمها (Zircaloy II) التي تحوي (٥ر١٪) قصدير ، (١٢ر٠٪) حديد، (٠٥ر٠٪) نيكل و (١ر٠٪) كروم .

١٠-٣-٣- النيوبيوم : Niobium

تم اكتشاف هذا المعدن سنة ١٨٠١ وسمي كنية الى مصدره باسم كولومبيوم (Columbium) . سنة ١٨٤٤ اكتشف معدن اخر في السويد سمي بالنيوبيوم ، بعد ذلك بقليل اكتشف بان هذان المعدنان هما معدن واحد ، فاتفق على استعمال التسمية الاخيرة ، اي النيوبيوم .

استعمل هذا المعدن اساسا كعنصر سبك يضاف الى الفولاذ العديم الصدأ لغرض تحسين قابلية اللحام . يأتي النيوبيوم بعد الزركونيوم من حيث الاهمية لاستعمالات المفاعلات النووية ، حيث انه ايضا يمتاز بقابلية امتصاص قليلة للنيوترونات ، كما اسلفنا . اضافة الى ذلك فان له درجة انصهار عالية جدا حوالي (٢٤٦٨°م) ، الا من عيوبه انه يتفاعل مع الغازات ومواد اخرى وخاصة في درجات الحرارة العالية .

ان مقاومة النيوبيوم الجيدة في درجات الحرارة العالية من الخواص التي تؤهله للتطوير باتجاه الاستعمال الاشمل ، كما انه بالامكان السيطرة على العيوب المذكورة اعلاه ، باستعمال اكاسيد النيوبيوم ، وان كانت هذه تمتاز بالتقصف .

يمتاز النيوبيوم ايضا بمقاومة التآكل بواسطة الصوديوم السائل وخليط الصوديوم والبوتاسيوم ، مما يؤهله للاستعمال في المفاعلات النووية التي تستعمل هذه السوائل كعامل تبريد ، اضافة الى ذلك فان هذا المعدن من اكثر المعادن المعروفة مطيلية وخاصة اذا كان نقيا بدرجة عالية .

١٠-٣-٤- الفناديوم : Vanadium

اكتشف هذا المعدن سنة ١٨٦٧ واستعمل صناعيا كعنصر سبك في الفولاذ. نظرا لانخفاض قابليته على امتصاص النيوترونات فلقد اجريت ابحاث عديدة

لفرض احلاله محل المعادن الاخرى المستعملة في المفاعلات النووية ، لهذا المعدن نفس عيوب النيوبيوم بخصوص التأكسد في درجات الحرارة ، ويبدو انه من الصعب احلاله محل هذا المعدن الاخير •

ان حقيقة كون الفناديوم معدنا لينا ومطيليا قد حث على التفكير في احلاله محل التيتانيوم ، كمعدن ذو مقاومة عالية للاستعمال في درجات الحرارة الواطئة •

١٠-٣-٥- الهافنيوم : Hafnium

يمتاز هذا المعدن بعكس الزركونيوم والنيوبيوم ، بقابلية امتصاص فائقة للنيوترونات ، لذلك فانه يستعمل في معدات السيطرة في المفاعلات النووية • لقد اكتشف هذا المعدن قبل حوالي تسعون عاما واستعمل كمادة هندسية حوالي سنة ١١٢٣ • لقد استعمل هذا المعدن اساسا لانتاج اقطاب انابيب الاشعة السينية وذلك قبل استعماله في المفاعلات ، كما انه استعمل ايضا لانتاج بعض المصابيح الكهربائية الخاصة •

١٠-٣-٦- التنتالوم : Tantalum

من اهم خواص هذا المعدن الجديرة بالاهتمام هو انه يجمع بشكل متساوي تقريبا بين خاصيتي المقاومة العالية ضد التآكل والمطيلية العالية ، ولقد اكتشف سنة ١٨٢٠ ، وانتج نقيا سنة ١٩٠٥ •

في الحالة النقية يقاوم هذا المعدن معظم الحوامض والقواعد ، ونظرا لارتفاع مطيليته فلقد استعمل لصناعة حاويات المواد الكيماوية • كما انه يستعمل في جراحة العظام ، نظرا لتكوينه سطحا يمكن للحم البشري النمو عليه بسهولة • ولكونه عازلا كهربائيا جيدا فيكثر استعماله في المكثفات الصغيرة (Condensers) وبسبب مطيليته العالية فانه بالامكان تحويله او تشكيله بسهولة الى رقائق

تقل سمكا بكثير عن رقائق الالمنيوم • وتستعمل هذه الرقائق عادة في الدوائر الالكترونية المتطورة •

١٠-٣-٧- الجرمانلوم : Germanium

اكتشف هذا المعدن سنة ١٨٨٦ وهو عبارة عن شبه فلز (Metalloid) اي انه يمتلك خواص فلزية ولا فلزية في آن واحد • لذلك ففي حين انه ذو مظهر معدني فلزي ساطع ، الا ان مطيليته واطئة جدا ولا يمكن تشكيله على البارد اطلاقا • يستعمل الجرمانيوم كما هو معروف كصمام استقبال (Transistor) في اجهزة الراديو او المذياع • ان استعمال هذا المعدن لايزال محدودا ، ولعل الابحاث الجارية قد تحدث مفاجات بخصوص استخدامه •

الجدول (١٠-٧) يبين مجمل الخواص الفيزياوية والميكانيكية للمعادن الحديثة •

١٠-٤- المعادن اللا حديدية : Non-Ferrous Metals

بالامكان تصنيف المعادن اللا حديدية استنادا الى بعض خواصها الفيزياوية المتميزة ، مثل الوزن النوعي ، الى ثلاثة مجاميع رئيسية :

١ - المعادن الخفيفة ، وتشمل الالمنيوم ، المغنسيوم والتيتانيوم •

٢ - المعادن الثقيلة ، وتشمل النحاس ، الرصاص ، القصدير والزنك •

٣ - المعادن الثمينة ، وتشمل الذهب ، الفضة ، والبلاتين •

١٠-٤-١- المعادن الخفيفة : Light Metals

١٠-٤-١-١- الالمنيوم : Aluminium

الالمنيوم معدن ابيض فضي ذو وزن نوعي مقداره (٧ر٢غم/سم٣) ، له شبكة حيزية مكعبة متمركزة الاوجه وهو يلي الفولاذ في اهميته كمادة هندسية

جدول

(I0 - 7) الخواص الفيزياوية والميكانيكيه للمعادن الجديثة

المعدن	الخواص الفيزياوية درجه الانصهار (٥م)	الكثافة (غم/سم٣)	الخواص الميكانيكية مقاومة الشد نيوتن /ملم٢	المطيلية (%)	صلادة فيكرز (H V)	الرمز الكيمياوى
١ ــ البريليوم	I283	I.85	327	2.74	I09	Be
٢ ــ الزركونيوم	I852	6.55	437	30	I80	Zr
٣ ــ النيوبيوم	2468	8.60	270	49	40	N6
٤ ــ الفناديوم	I900	6.II	437	35	I65	V
٥ ــ الهافنيوم	2I45- 2II5	I3.36	340	35	I80	Hf
٦ ــ التنتاليوم	2996	I6. 60	463 - 309	40	65	Ta
٧ ــ الجرمانيوم (قصف جدا)	959	5. 32	–	–	–	Ge

ينصهر في درجة (٦٦٠ ٥م) وله قابلية عالية للتوصيل الكهربائي تبلغ حوالي (٦ر٣٧م/أوم · ملم٢) ·

هنالك انواع من الالمنيوم استنادا على درجة النقاوة ، انقى انواع الالمنيوم هو الذي يحوى (٩٩ر٩٩٪) المنيوم ، ويليه الالمنيوم التجاري الذي يحوي (٨ر٩٩ ـ ٠ر٩٩٪) المنيوم ·

١٠ـ٤ـ١ـ١ـ١ـ الخواص العامة : General Properties

اهم خواص الالمنيوم هي :

١ ـ خفة الوزن والقابلية الجيدة للتشغيل والتشكيل ·

٢ ـ مقاومة عالية ضد التأكسد بواسطة الماء والهواء نتيجة تكوين قشرة اوكسيدية على السطح تحمي بقية المعدن من التاكسد · لدى تقشر هذه القشرة لاي سبب كان تتكون فورا طبقة حامية جديدة · من هنا المقاومة العالية ضد التاكسد ·

٣ ـ القابلية العالية على الصقل ، من هنا كثرة استعماله في العاكسات الضوئية ومعدات الزينة في السيارات واطارات الشبابيك ·

٤ ـ القابلية العالية على التوصيل الكهربائي ، وهي تساوي حوالي ثلثي قابلية النحاس ، والقابلية العالية على التوصيل الحراري ، من هنا الاستعمال الواسع للالمنيوم في الصناعات الكهربائية والذي يبلغ حوالي (١٥٪) من اجمالي انتاج الالمنيوم ·

يتم تشكيل الالمنيوم بالسباكة بانواعها ، الدرفلة على البارد والساخن ، الكبس والسحب العميق ·

١٠-٤-١-١-٢- سبائك الالمنيوم : Aluminium Alloys

كما هي الحال مع معظم المعادن فانه بالامكان تحسين خواص الالمنيوم بأضافات من معادن اخرى وكما يلي :

١ - يضاف السليكون الى الالمنيوم لتحسين خواص السباكة ، حيث يصعب سباكة الالمنيوم بسبب ارتفاع شده السطحي ، السليكون يكسب الالمنيوم انسيابية عالية اثناء السباكة ، علما بان اضافة نسب عالية من السليكون (ما فوق ١٣٪) تسبب تقصف الالمنيوم وفقدانه لخاصية مقاومة الصدمة .

٢ - يضاف النحاس الى الالمنيوم لزيادة مقاومة الشد التي تكون واطئة عادة ، وايضا لتحسين قابلية التشغيل .

٣ - يضاف المنغنيز الى الالمنيوم لتحسين مقاومة الشد والمقاومة ضد التآكل .

الجدول (١٠-٨) يبين التركيب الكيماوي والخواص الميكانيكية للالمنيوم وعدد من سبائكه .

١٠-٤-١-٢- المغنسيوم : Magnesium

هذا المعدن هو اخف المعادن وزنا بوزنه النوعي (١ر٧٤غم/سسم٣) وله شبكة حيزية سداسية متراصة . ينصهر في (٦٥٠° م) وله قابلية توصيل كهربائي بمقدار (٢ر٢٢م/أوم·ملم٢) .

١٠-٤-١-٢-١- الخواص العامة : General Properties

يمتاز المغنسيوم بالخواص التالية :

١ - لا يقبل التشكيل بسهولة بسبب الشبكة الحيزية السداسية ، لذلك يتم

جدول (I0 - 8) التركيب الكيمياوى وخواص الالمنيوم وبعض سبائكه

المعدن او السبيكه	التركيب الكيمياوى (%)			الخواص الميكانيكيه			الاستعمالات
	Cu	Si	Mn	مقاومة الشد نيوتن/ملم²	مقاومة الخضوع نيوتن/ملم²	المطيلية (%)	
١ ـ الالمنيزم النقي	-	-	-	30	-	40	المنيوم نقي جدا ذو مطيليةوتوصيل كهربائي ومقاومة تآكل عالية جدا
٢ ـ الالمنيوم+ المنغنيز	-	-	I,25	I65	-	5	الصناديق المعدنيه معلبات الاغذية معدات الطبخ صفائح - التسقيف
٣ ـ الالمنيوم + السليكون	0,I	I0,0	0,5	-	-	-	اسلاك اللحام الانشاآت الخفيفه
٤ ـ الالمنيوم + النحاس	0,I	0,5	0,I	I25	-	5	معدات التجميل المعمارية معدات مأجوفة موصلات كلهربائية ، معدات لمصانع الاغذية المواد الكيمياوية

تشكيله فقط بالسباكة .

٢ ـ يمتاز بميل شديد الى الاوكسجين ، الا ان القشرة الاوكسيدية الناتجة لا تقاوم التأكسد مثل قشرة الالمنيوم ، لذلك لابد من حماية هذا المعدن بأساليب اخرى ضد التأكسد والتآكل .

٣ ـ يمتاز هذا المعدن بخفة وزنه لذلك يكثر استعماله في مجال الطائرات وما شابه .

١٠ـ٤ـ١ـ٢ـ٢ـ سبائك المغنسيوم : Magnesium Alloys

١ ـ يضاف الالمنيوم الى المغنسيوم بنسبة اقل من (١٠٪) لتحسين مقاومة الشد والصلادة . النسب العالية من الالمنيوم تسبب زيادة في تقصف المغنسيوم .

٢ ـ يضاف السليكون الى المغنسيوم بنسبة لا تتجاوز (٢٪) لتحسين قابلية السباكة والانسيابية ، كما هي الحال مع الالمنيوم .

يتم تشكيل هذا المعدن بالدرجة الاساس بواسطة السباكة بانواعها .

١٠ـ٤ـ١ـ٣ـ التيتانيوم : Titanium

التيتانيوم معدن ابيض فضي بوزن نوعي يساوي (٥٤ر٤غم/سم٣) وله شبكة حيزية سداسية متراصة تتحول درجة (٨٨٥°م) الى شبكة حيزية مكعبة متمركزة الجسم تسمى بيتاتيتانيوم (β-Titanium) في حين انه تحت هذه الدرجة يسمى آلفا تيتانيوم (α -Titanium) . ينصهر في (١٨٢٠°م) وله توصيل كهربائي يساوي (٢٥ر٠م /اوم . ملم٢) .

١٠-٤-١-٣-١- الخواص العامة : General Properties

١ - يمتاز التيتانيوم بانه يجمع بين خاصيتين مهمتين ، اولهما ، الوزن الخفيف والثاني الاحتفاظ بالصلادة والمقاومة في درجات الحرارة العالية .

٢ - الخاصية المهمة الاخرى لهذا المعدن هو المقاومة العالية جدا ضد التاكسد والتآكل والتي تفوق مقاومة بعض انواع الفولاذ العديم الصدأ . هذه الخواص تجعل من هذا المعدن مادة هندسية مهمة للغاية وخاصة في صناعة الطائرات والصواريخ .

١٠-٤-١-٣-٢- سبائك التيتانيوم : Titanium Alloys

١ - يضاف الالمنيوم الى هذا المعدن لتحسين خاصية الاحتفاظ بالصلادة في درجات الحرارة العالية .

٢ - يضاف الفناديوم الى هذا المعدن لتحسين مقاومة الشد ، ويضاف الكروم لنفس الغرض .

الجدول (١٠-٩) يبين خواص هذا المعدن وعدد من سبائكه .

١٠-٤-٢- المعادن الثقيلة : Heavy Metals

١٠-٤-٢-١- النحاس : Copper

النحاس معدن سهل التشكيل ذو لون احمر تقريبا له شبكة حيزية مكعبة متمركزة الاوجه . يمتاز النحاس اضافة الى مطيليته العالية ، بالتوصيل

الكهربائي والحراري الجيدين والمقاومة العالية ضد التاكسد والتآكل ينصهر في (١٠٨٣°م) ويبلغ توصيله الكهربائي (٥٩٫٦٢م/اوم . ملم٢) .

جد ول (IO-٥) التركيب الكيمياوى وخواص التيتانيوم واحدى سبائكه

المعدن او السبيكه	التركيب الكيمياوى (%) Ae	V	الخواص الميكانيكية مقاومه الشد (نيوتن / ملم²)	مقاومه الخضوع (نيوتن / ملم²)	المطيلية (%)	الاستعمالات
١ ـ التيتانيوم النقي	—	—	650	460	I5	في معدات المصانع الكيمياوية ومحاويات للحوامض والكلوريدات
٢ ـ السبيكة	6	4	II20	900	8	هياكل الطائرات أجنحة الطائرات المحركات النفاثه ارياس التوربينات

جدول (IO - IO) مقارنة التوصيل الكهربائي والحرارى للنحاس مع عدد من المعادن

المعدن	التوصيل الكهربائي النسبي	التوصيل الحرارى النسبي
١ ـ الفضه	I06	I08
٢ ـ النحاس	I00	T00
٣ ـ الذهب	72	76
٤ ـ الالمنيوم	62	56
٥ ـ الحديد	I7	I7
٦ ـ البلاتين	I6	I8

١٠-٤-٢-١-١- انواع النحاس : Types of Copper

١ - النحاس الحاوي على الاوكسجين ، لدى صهر النحاس يمتص كمية من الاوكسجين تتراوح بين (٠٢ر٠ - ٠٥ر٠٪) ، ورغم ان الاوكسجين يؤثر سلبيا على خواص النحاس الا انه يحتفظ بالتوصيل الجيد نسبيا ، لذلك فان هذا النوع يستعمل لصناعة الاسلاك الكهربائية ٠

٢ - النحاس المزال الاوكسجين ٠

يزال الاوكسجين من النحاس بعمليات اختزال خاصة وبذلك تتحسن خواصه الميكانيكية ، الا ان التوصيل الكهربائي سوف يتأثر سلبيا ٠

٣ - النحاس العديم الاوكسجين - العالي التوصيل الكهربائي ٠

لغرض التخلص من مساوىء النحاس المزال الاوكسجين ، يتم انتاج النحاس بالتحليل الالكتروليتي او بصهره في افران مفرغة من الهواء ، وبذلك نحصل على نحاس عالي التوصيل الكهربائي للغاية ٠

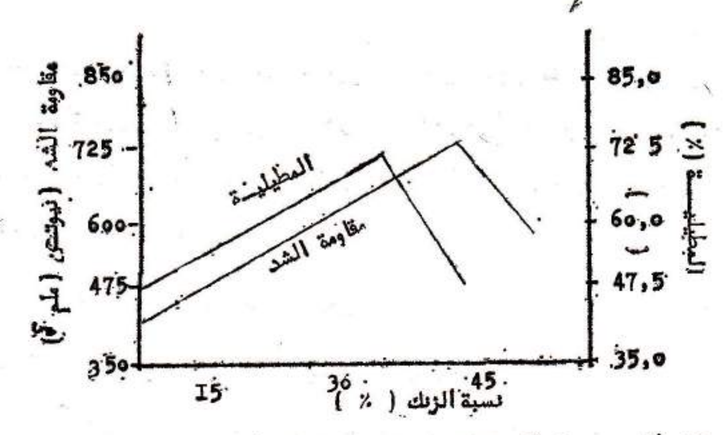
الجدول (١٠-١٠) يعطي مقارنة بين التوصيل الكهربائي والحراري للنحاس مع عدد من المعادن ٠

١٠-٤-٢-١-٣- سبائك النحاس : Copper Alloys

ان مقاومة شد النحاس الواطئة هي من اهم الاسباب التي تجعله محدود الاستعمال للاغراض الهندسية ٠ بالامكان تصليد النحاس بطرق كثيرة اهمها اضافة عناصر السبك اليه مثل الزنك والقصدير ٠ وفيما يلي نستعرض اهم سبائك النحاس ، خواصها واستعمالاتها ٠

١ - البراص : (Brass)

بالامكان اذابة حوالي (٤٠٪) من الزنك في النحاس لانتاج سبائك النحاس



شكل (IO - 2) تأثير الزنك على الخواص الميكانيكية للنحاس

جدول (IO - II) التركيب الكيمياوى والخواص الميكانيكية لانواع البزاص:

السبيكة	التركيب الكيمياوى (%) Cu	Zn	Pb	مقاومة الشد (نيوتن / ملم٢)	مقاومة الخضوع (نيوتن / ملم٢)	المطيلية (%)	الاستعمالات
١ • سبيكة تذهنب	90	IO	-	278	77,2	55	الحلي الاضطناعية • للاعمال المعمارية والانشائية
٢ • براص الاطلاقات	70	30	-	324	77,2	70	سبيكة ذو مطيلية عالية جدا • يستعمل لصناعة الاطلاقات بالسحب العميق.
٣ • البراص الاعتيادى	63	37	-	340	92,7	55	للاغراض العامه التي يمكن تشكليلها على البارد •
٤ • براص الساعات	59	39	2.0	37I	92,7	45	لصناعة بعض الاجزاء من الساعات•
٥ • البراص السهل التشغيل	58	39	3,0	448	I39	30	اكثر انواع البزاص ملائمة للتشغيل تحت السرع العالية •.
٦ • البراص العالي المقاومة	58	42	-	54I	278	I5	يمتاز بمقاومته العالية ويستعمل للاغراض التي تتطلب دلك •

ـ الزنك والمسماة بالبراص • الشكل (١٠ـ٢) يبين كيفية تغير خواص النحاس الميكانيكية وخاصة المقاومة والمطيلية بتأثير اضافة الزنك ، رغم ان الزنك يحسن الخواص الميكانيكية للنحاس الا انه يؤثر سلبيا في مقاومة التاكسد والتآكل •

الرصاص يضاف الى سبائك البراص لتحسين قابلية التشغيل ، كما ان اضافة (١٪) من القصدير الى هذه السبائك تحسن من مقاومة التآكل •

الجدول (١٠ـ١١) يبين تركيب وخواص عدد من سبائك النحاس والزنك مع بيان اهم استعمالاتها •

٢ ـ البرونز : (Bronse)

البرونزات سبائك اساسها النحاس والقصدير وهي تمتاز بمقاومة تآكل افضل من انواع البراص ، جدول (١٠ـ١٢) يبين التركيب الكيماوي الخواص لعدد من سبائك البرونز •

١٠ـ٤ـ٢ـ٢ـ الرصاص : Lead

يمتاز الرصاص بارتفاع وزنه النوعي الذي يبلغ (١١ر٣٥غم/سم٣) وله شبكة حيزية مكعبة متمركزة الاوجه • ينصهر الرصاص في حوالي (٣٢٧° م) وله مقاومة كهربائية عالية تبلغ حوالي (١٠^-٦ × ٢٠ر٦٥ أوم ـ سم) ،

١٠ـ٤ـ٢ـ٢ـ١ الخواص العامة : General Properties

اهم خواص الرصاص هي :

١ ـ ثقل الوزن

٢ ـ لا يكتسب الصلادة نتيجة التشكيل على البارد ولابد من اصلاده بأضافة معادن اخرى اليه •

٣ ـ خواص الميكانيكية رديئة بصورة عامة ، ويمتاز بمطيلية عالية جدا • يكثر

استعمال الرصاص في صناعة البطاريات ، الاسلاك والانابيب المصنعة من الرصاص ، ويستعمل ايضا كعازل للاسلاك الكهربائية ، الا ان هذا الاستعمال الاخير اخذ يتراجع بسبب احلال اللدائن محل الرصاص .

١٠-٤-٢-٢-٢- سبائك الرصاص : Lead Alloys

١ - السبائك المستعملة لحروف الطباعة :
تحوي حوالي (١٥٪) انتمون و (٥٪) قصدير .
٢ - سبائك كراسي التحميل :
تحوي حوالي (١٥-٢٠٪) انتمون ، (٥٪) قصدير وحوالي (٣٪) نحاس.

١٠-٤-٢-٣- الزنك : Zinc

الزنك معدن ابيض خفيف الزراق بوزن نوعي مقداره (١٤ر٧غم/سم٣) وله شبكة حيزية سداسية متراصة . ينصهر في (٥ر٤١٩°م) وله مقاومة كهربائية تساوى (١٠^-٦ × ٩ر٥ او م - سم)

١٠-٤-٢-٣-١- الخواص العامة : General Properties

يمتاز ها المعدن بخاصيتين اساسيتين ، اولهما مقاومة التآكل والثانية قابلية السباكة الجيدة . بسبب شبكة الحيزية السداسية لا يشكل الا بواسطة السباكة .

١٠-٤-٢-٣-٢- سسبائك الزنك : Zinc Alloys

اهم سبائك الزنك هي التي تحوي حوالي (١-١١٪) المنيوم وحوالي (١٪) نحاس . هذان المعدنان يحسنان الخواص الميكانيكية للزنك وتمتاز هذه السبائك بالمقاومة الجيدة وانخفاض معامل التمدد الحراري .
يعتبر الزنك النقي المعدن الاساس في عمليات الغلونة (Galvanising)

حيث يتم تغطية اسطح المعادن الضعيفة المقاومة للتآكل وخاصة الفولاذ بطبقة من الزنك بسمك يساوي (٥٠/١٠٠٠ - ٦٠/١٠٠٠ ملم) وذلك للحماية من التآكل ، تستهلك كميات كبيرة من الزنك لهذا الغرض ٠

١٠-٤-٢-٤- القصدير : Tin

القصدير معدن ابيض فضي بوزن نوعي يساوي (٧ر٣غم/سم٣) وله شبكة حيزية رباعية تتحول الى شبكة مكعبة في درجة (١٣ر٢°م) ٠ ينصهر القصدير في (٢٣٢ْم) وله توصيل كهربائي بمقدار (٨ر٧م/أوم٠ملم٢) ٠

١٠-٤-٢-٤-١- الخواص العامة : General Propertits

١ - ان صلادة هذا المعدن المنخفضة ومطيليته العالية تؤهلانه للاستعمال فقط في المجالات التي لا تحتاج الى خواص ميكانيكية عالية ٠

٢ - بالامكان تحسين الخواص بأضافة عناصر السبك مثل النحاس والكادميوم بنسب لا تتجاوز (١٪) ٠

٣ - ان التحول التأصلي في الشبكة الحيزية تكون مصحوبة بتغير في الحجم مما يؤثر سلبيا على استخدامات هذا المعدن ٠

يكثر استعمال المعدن النقي في عمليات القصدرة (Tinning) وهي عبارة عن تغطية اسطح المعادن وخاصة الفولاذ وذلك للحماية من التآكل ٠

١٠-٤-٢-٤-٢- سبائك القصدير : Tin Alloys

تستعمل سبائك القصدير وخاصة تلك الحاوية على الانتمون والرصاص والنحاس بدرجة اساسية لصناعة المحامل وكراسي التحميل ٠ الجدول رقم (١٠-١٣) يبين التركيب الكيماوي واستعمالات هذه السبائك ٠

١٠-٤-٣- المعادن الثمينة : Noble Metals

١٠-٤-٣-١- الذهب : Gold

الذهب هو النموذج الامثل للمعادن الثمينة وكان يسمى سابقا بملك المعادن له وزن نوعي مقداره (١٩٫٢٩ غم/سم٣) وشبكة حيزية مكعبة متمركزة الاوجه ٠ ونظرا لمقاومته الشديدة ضد التآكل والتأكسد فهو يوجد في الطبيعة بشكله المعدني النقي ٠ ينصهر في حوالي(١٠٦٣°م)وله توصيل كهربائي بمقدار (٤٥٫٧م/أوم٠ملم٢) ٠

١٠-٤-٣-١-١- الخواص والاستعمالات : Properties and Uses

يمتاز الذهب بمقاومته الفائقة ضد التأكسد والتآكل كما اسلفنا ، الهالوجات الجافة (الفلور ، الكلور ، البروم واليود) لا تؤثر في الذهب ، في حين انه يذوب بسهولة في الماء الملكي الذي يتكون من جزء واحد من حامض النتريك المركز مع ثلاثة اجزاء من حامض الهيدركلورين المركز ٠

نظرا لاستقراره الشديد كمياويا ، يكون الذهب المعدن الرئيسي في صناعة الحلي ، ولنفس السبب يكثر استعماله في طب الاسنان لعمل الحشوات او الجسور الذهبية للاسنان ٠

غالبا ما يستعمل الذهب كسبيكة مع الفضة والنحاس ٠ للذهب مطيلية عالية جدا بحيث يمكن تشكيله الى رقائق رقيقة جدا ٠ يتم صب وسباكة معظم منتوج الذهب على شكل مسبوكات تستخدم للتغطية النقدية ٠

١٠-٤-٣-٢- الفضة : Silver

الفضة معدن ثمين ذو لمعان ساطع يمتاز بالمطيليه العالية والقابلية على الصقل وهو اصلد من الذهب ولكنه الين من النحاس ٠ له وزن نوعي يساوي (٥ر١٠غم/سم٣) وله شبكة حيزية مكعبة متمركزة الاوجه ، له اعلى قابلية توصيل كهربائي من بين جميع المعادن ، وتبلغ حوالي (٦٣م/أوم·ملم٢) ٠ ينصهر هذا المعدن في درجة (٩٦١°م) ٠

١٠-٤-٣-٢-١- الخواص العامة والاستعمالات : Properties and Uses

الخواص العامة للفضة هي :

١ - التوصيل الكهربائي والحراري الجيده جدا ٠

٢ - مقاومة التآكل العالية ٠

هذه الخواص تؤهل الفضة للاستعمال الواسع في الاجهزة الكهربائية ومعدات التوصيل الكهربائي ٠

المقاومة العالية للتآكل واللمعان الساطع يؤهلانه للاستعمال لصناعة الحلي ومعدات الطبخ والاجهزة الطبية ٠

كما ان الفضة تشكل المعدن الاساس في السبائك المستعملة للحام او الربط الجدول (١٠-١٤) يعطي سبائك الفضة المستعملة في هذا المجال ٠

١٠-٤-٣-٣- البلاتين : Platinum

البلاتين معدن ابيض فضي ذو وزن نوعي مقداره (٤٥ر٢١غم/سم٣) وله شبكة حيزية مكعبة متمركزة ، ينصهر هذا المعدن في درجة (١٧٧٤°م) وله قابلية توصيل كهربائي بمقدار (٢ر١٠م/أوم - ملم٢)

١٠ـ٤ـ٣ـ٣ـ١ـ الخواص والاستعمالات : Properties and Uses

يمتاز البلاتين بالخواص التالية :

١ ـ درجة انصهار عالية ، ٢ ـ وزن نوعي عالي ، ٣ ـ مقاومة عالية ضد التاكسد والتآكل ، ٤ ـ مطيلية وقابلية تشكيل عاليتين تسمحان بتشكيله الى رقائق معدنية .

استنادا الى هذه الخواص يستعمل البلاتين للاغراض التالية :

١ ـ صناعة الاجهزة والمعدات الطبية والحلي .

٢ ـ عامل مساعد في التفاعلات الكيماوية . (Catalysis).

٣ ـ صناعة المزدوجات الحرارية (Thermocouples)

٤ ـ سبائكه مع الذهب ، الفضة والنحاس تستعمل كموصلات في دوائر التماس الكهربائية .

ومن الاستعمالات التاريخية لهذا المعدن هو المتر القياسي الفرنسي المصنع من سبيكة تتكون من (٩٠٪) بلاتين و (١٠٪) ايرديوم (Ir) .

جـــدول (IO - I2) التركيب الكيمياوي وخواص البرونزات

السبيكـــة	التركيب الكيمياوي (٪) Cu	Sn	Pb	مقاومـــة الشد نيوتن / ملم ^{2}	مقاومة الخضوع نيوتن / ملم ^{2}	المطيلية (%)	الاستعمالات
١ ـ	96	3,75	0,I	340	I50	65	نوابض واجزاء مـــن المعدات تحتاج الى المطيلية ومقاومـــة التآكـــل .
٢ ـ	94	5,5	0,I	355	I50	65	ارياض التوربينيــات والاجزاء التي تتعرض للاحتكاك
٣ ـ	89	IO	0,5	278	I40	I5	المحامل وكراسي المحامـل .

جدول (10 - 3) سبائك القصدير الخاصة بكراسي التحميل

السبيكة	التركيب الكيمياوي (%) Sn	Sb	Cu	Pb	Zn	الاستعمالات
١-	90	7	3	-	-	كراسي التجميل المستعمله تحت التحميل العالي ودرجة الحرارة المرتفعه
٢-	87	9	4	-	-	كراسي التحميل في الطائرات والسيارات
٣-	81	10	5	4	-	كراسي التحميل للتحميل الشديد
٤-	75	7	3	15	-	كراسي التحميل للمضخات والكومبرسنرات
٥-	685	-	15	-	30	كراسي التحميل المستعمله تحت الماء

جدول (10 - 14) سبائك الفضه المستعمله للحام او الربط في نطاق درجات الحرارة (600 - 850 °م)

السبيكه	التركيب الكيمياوي (%) Ag	Cu	Zn	نطاق درجة الانصهار (°م)	الاستعمالات والخواص
١-	80	16	4	795-740	عالي التوصيل الكهربائي يستعمل للحام (النحاس)، البراص والفولاذ
٢-	65	20	15	720-695	يستعمل للحام النحاس، البراص، والبرونزات
٣-	6.1	29	10	735-690	جيد التوصيل الكهربائي ؛ يستعمل للحام النحاس، البراص، البرونز ، والفولاذ
٤-	43	37	20	775-700	للاغراض الهندسية العامه وللحام ، النحاس، البراص، الفولاذ والنيكل .
٥-	33,3	33,3	33,3	740-700	يستعمل للحام البراص المستعمل في الحلي الاصطناعي
٦-	17	50	33	830-790	للحام النحاس ، البراص، البرونز والفولاذ
٧-	10	52	37	855-840	للحام النحاس ، والبراص والفولاذ

ـ اسـئلة ـ

س١ : أ ـ حاول ان تتعرف على بعض المواد الهندسية المستخدمة في القاعة الدراسية التي تجلس فيها ٠

ب ـ ما هو الحديد النقي وما هي خواصه ؟

جـ ـ عدد عددا من استعمالات الحديد النقي ٠

د ـ ما هو تأصل الحديد ؟ ارسم منحنى تبريد الحديد النقي مبينا انواع هذا المعدن والشبكة الحيزية لكل نوع ٠

س٢ : أ ـ ماهو الحديد المطاوع وما هي اهم خواصه ؟

ب ـ ما هو تأثير وجود السليكون في الحديد المطاوع على خواصه واستعماله ؟

جـ ـ قارن بين الخواص الميكانيكية لكل من الحديد المسبوك والحديد المطاوع ٠

س٣ : أ ـ ما هو الفولاذ ؟

ب ـ ما هو الحديد الزهر ؟

جـ ـ ما هي العناصر عدا الكربون التي تضاف الى الفولاذ ؟

س٤ : أ ـ عدد اهم انواع الفولاذ ٠

ب ـ ما هي انواع الفولاذ الكربوني الاعتيادي ؟

جـ ـ اضرب مثلا لكل نوع من انواع الفولاذ الكربوني الاعتيادي مع ذكر تركيبه الكيماوي وخواصه الميكانيكية واهم استعمالاته ٠

د ـ ما هو فولاذ العدد الكربوني ؟ ماهو تركيبه الكيماوي وخواصه واستعمالاته ؟

س٥ : أ ـ ما هو الفولاذ السبائكي ؟

ب ـ ما هي اهم عناصر السبك التي تضاف الى الفولاذ وما هي تاثيرات كل عنصر على خواص الفولاذ ؟

جـ ـ لماذا تضاف عناصر السبك الى الفولاذ بصورة عامة ؟

س٦ : أ ـ اذكر تاثيرات كل من العناصر التالية على خواص الفولاذ اذا اضيف منفـــردا :

١ ـ النيكـل ٠

٢ ـ الكـروم ٠

٣ ـ الفناديوم ٠

٤ ـ النحـاس ٠

س٧ : أ ـ تكلم عن الفولاذ المقاوم للحرارة ٠

ب ـ ما هي اهم خواصه ؟ اهم استعمالاته ؟

جـ ـ ما هي عناصر السبك الاساسية فيه ؟

د ـ لماذا يضاف المولبدنوم والفناديوم الى هذا الفولاذ ؟

هـ ـ اضرب مثلا على هذا الفولاذ على ذكر التركيب الكيماوي والخواص

س٨ : أ ـ ما هو فولاذ المنغنيز ؟

ب ـ ما هي خواصه واهم استعمالاته ؟

جـ ـ اذكر تركيب فولاذ هادفيلد ٠ لماذا يستعمل ؟

س٩ : أ ـ تكلم عن فولاذ القطع السريع ٠

ب ـ ما هي اهم عناصر السبك في هذا الفولاذ ؟

جـ ـ ما هي اهم خاصية في هذا الفولاذ ؟

س١٠ : أ ـ ما هو الفولاذ العديم الصدأ ؟

ب ـ ما هو العنصر الاساس في هذا الفولاذ ؟

جـ ـ ما هي اهم خاصية في هذا الفولاذ ؟

د ـ ما هي اهم استعمالاته ؟

هـ ـ اورد بعض الامثلة عن انواع هذا الفولاذ مع ذكر التركيب الكيماوي والخواص ومجالات الاستعمال ٠

س١١ : أ ـ ما هي الكربيدات الصلدة ؟

ب ـ ما هي اهم خواصها ؟

جـ ـ لماذا تستعمل بشكل خاص ؟

د ـ اذكر التركيب الكمياوي وصلادة فيكرز لكل من الكربيدات المستعملة للاغراض التالية :

١ ـ لقطع الفولاذ والحديد الزهر تحت سرعة قطع عالية جدا ٠

٢ ـ لقطع المعادن والسبائك اللا حديدية ٠

٣ ـ لقطع الفولاذ تحت سرعة متوسطة ٠

٤ ـ لصناعة قوالب التشكيل على البارد ٠

س١٢ : أ ـ عدد اهم المعادن الحديثة مع ذكر الرمز الكمياوي لها ٠

ب ـ اذكر اهم خواص وعيوب كل من المعادن التالية :

١ ـ البريليوم ٠

٢ ـ الزركونيوم ٠

٣ ـ النيوبيوم ٠

٤ ـ الجرمانيوم ٠

جـ ـ قارن بين الخواص الميكانيكية لكل من المعادن التالية ٠

١ ـ الفناديوم ٠

٢ ـ الهافنيوم ٠

٣ ـ التنتالوم ٠

د ـ لماذا يستعمل كل من المعادن التالية في المفاعلات النووية :

١ ـ الزركونيوم ٠

٢ ـ الهافنيوم ٠

هـ ـ ما هي اهم خاصية في معدن التنتالوم ؟

و ـ بماذا يمتاز معدن الجرمانيوم عن بقية المعادن الحديثة ؟

ز ـ قارن بين الخواص التالية للمعادن البريليوم ، الجرمانيوم ، النيوبيوم :

١ ـ المطيلية

٢ ـ مقاومة الشد ٠

٣ ـ الصلادة ٠

٤ ـ درجة حرارة الانصهار ٠

ح ـ هل بالامكان تشكيل الجرمانيوم على البارد ؟ لماذا ؟

س١٣ : أ ـ كيف تصنف المعادن اللا حديدية ؟

ب ـ بين الى اي صنف يعود كل من المعادن التالية :

الالمنيوم ، النحاس ، المغنسيوم ، التيتانيوم ، القصدير ، البلاتين ، الذهب ٠

جـ ـ ما هي اهم الخواص الفيزياوية والميكانيكية للمعادن التالية :

الالمنيوم ، القصدير ، الفضة ، الزنك ٠

د ـ عدد اهم استعمالات المعادن التالية :

المغنسيوم ، التيتانيوم ، النحاس ، البلاتين ٠

س١٤ : أ ـ اذكر عددا من سبائك الالمنيوم ، خواصها واستعمالاتها ٠

ب ـ اذكر عددا من سبائك النحاس مع الزنك ، خواصها واستعمالاتها ٠

جـ ـ اذكر عددا من سبائك النحاس مع القصدير ، خواصها واستعمالاتها ٠

س١٥ : قارن بين التوصيل الكهربائي والحراري للنحاس مع المعادن التالية :
الذهب ، الحديد ، الالمنيوم .

س١٦ : أ ـ اذكر اسباب اضافة المعادن التالية الى الالمنيوم :
السليكون ، النحاس ، المنغنيز .

ب ـ اذكر اهم اسباب اضافة المعادن التالية الى المغنسيوم :
السليكون ، الالمنيوم .

جـ ـ اذكر اهم اسباب اضافة المعادن التالية الى التيتانيوم :
الفناديوم ، الالمنيوم .

س١٧ : اذكر التركيب الكمياوي والخواص لسبائك كل من المعادن التالية :

١ ـ التيتانيوم .

٢ ـ سبائك القصدير .

٣ ـ سبائك الفضة .

س١٨ : أ ـ ما هي اهم خواص المعادن التالية :

١ ـ الرصاص

٢ ـ الزنك

٣ ـ القصدير .

ب ـ ما هي المعادن المستعملة في الغلونة والقصدرة ؟

جـ ـ لماذا تستعمل الفضة في الاجهزة الكهربائية والطبية ؟

د ـ ما هي اهم استعمالات المعادن التالية :

١ ـ الذهب

٢ ـ البلاتين

٣ ـ الفضة

هـ ـ ما هي اهم خواص الذهب والبلاتين والفضة ؟

الفصل الحادي عشر

(اللـــدائن)

Plastics.

الفصل الحادي عشر

(اللـــدائن)

Plastics.

هنالك مواد هندسية اخرى عدا المعادن ذات اهمية خاصة في الصناعـــة والتي بدأت تحل محل المواد المعدنية في الكثير من الصناعات كاللدائن والسيراميك والخزفيات ، وتعتبر اللدائن من اهم المواد الهندسية للا معدنية المستعملة بصورة واسعة صناعيا . وهي تنافس اليوم الكثير من المعادن والسبائك المعدنيـــة في المجالات الصناعية المختلفة . سوف نتطرق في هذا الفصل الى اللدائن الواسعة الانتشار واساليب تصنيعها ومجالات ستعمالها .

١١ـ١ـ اللدائن ، خواصها ومزاياها : Properties of plastics

تشمل اللدائن مجموعة من المواد العضوية الطبيعية والاصطناعية التي تمتاز بمجموعة من الخواص تجعلها مؤهلة للاستعمال الواسع . ولعل من اهم هـــذه الخواص ما يلي :

١ ـ السهولة والسرعة في التشكيل اي منتوجات تمتاز بدقة الابعاد والانجـــاز السطحي الجيـد .

٢ ـ الوزن النوعي الخفيف ومقاومة الصدأ والتاكسد والرطوبة .

٣ ـ امتصاص الاهتزازات والذبذبات .

٤ ـ العزل الجيد للحرارة والكهربائية .

الا ان هذه اللدائن لها في نفس الوقت بعض الخواص او بالاحرى بعـض العيوب في الخواص التي تحدد استعمالها في مجالات عديدة ومن اهم هــذه الخواص :

١ ـ انخفاض مقاومة ومتانة اللدائن •

٢ ـ امكانية تغير الابعاد نتيجة الظروف الجوية المختلفة •

٣ ـ قابليتها للاحتراق •

١١ـ٢ـ انواع اللدائن : Types of Plastics.

يمكن تصنيف اللدائن استنادا الى بعض التباين في الخواص الى مجموعتين كبيرتـين :

أ ـ اللدائن التي تتصلد اثناء التسخين بتأثير الحرارة ونتيجة تفاعلات كيمياوية، وهذه لايمكن اعادة تليينها وصهرها مرة ثانية • ومن اهم انواعها الابوكسايد والسليكات •

ب ـ اللدائن التي لا تتصلد وتبقى لينة بتأثير الحرارة ، ولكنها تتصلد بعـد التبريد الى درجة حرارة الغرفة • ومن اهم انواعها البولسترين والبوليثيلين والنايلون والمطاط الاصطناعي •

١١ـ٣ـ طرق تصنيع اللدائن : Plastics Manufacturing processes.

يتم تصنيع معظم انواع اللدائن اما مباشرة من موادها الاولية التي تحضر عادة على شكل مسحوق ناعم او حبيبات خشنة نسبيا او انه يتم بكبس المـادة الاولية الى منتوج اولي على شكل اقراص ، حيث تشكل الى المنتوج النهـائي بعملية ثانيـة •

طرق تصنيع اللدائن ادناه هي مجموعة صغيرة من طرق عديدة تستعمل في هذا المجال • ولقد ارتؤي في اختيارها تغطية اهم الطرق المستعملة بشكل واسع صناعيـا •

١١-٣-١- التشكيل في القوالب بالكبس تحت الضغط على الساخن : Compression Moulding.

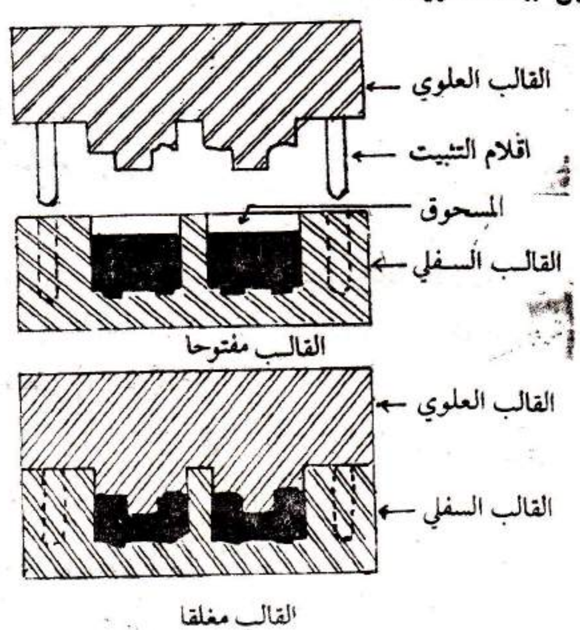
وهي من الطرق القديمة لتشكيل اللدائن وتتضمن عادة خطوتين لاكمال عملية التشكيل :

أ - كبس المادة الاولية الى منتوجات اولية على هيئة اقراص ·

ب - تشكيل الاقراص بالكبس على الساخن في قوالب خاصة الى الشكل النهائي المطلوب ·

تستعمل هذه الطريقة لتشكيل اللدائن التي تتصلد بالحرارة ·

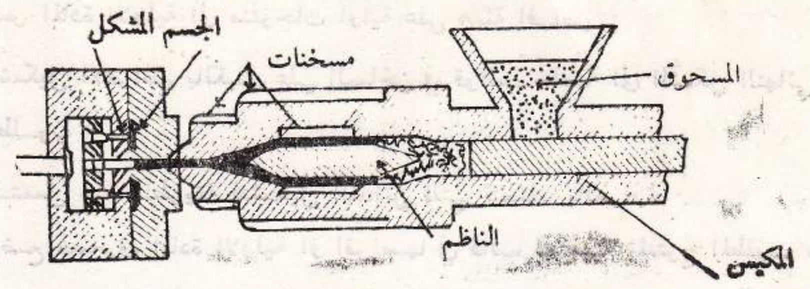
يوضع مسحوق المادة الاولية او اقراصها في قالب له هيئة المنتوج المطلوب ، وذلك بعد تسخين القالب الى الحرارة المطلوبة (حوالي ١٢٠° الى ٢٢٠°م)والتي تؤدي الى انصهار وانسياب المسحوق ويتم التشكيل بضغط المكبس الى فراغ القالب الحاوي على المنصهر ، فيتخذ الشكل المطلوب ، والشكل (١١-١) يبين اسلوب التشكيل بهذه الطريقة ·



شكل (١١-١) التشكيل في القوالب بالكبس تحت الضغط على الساخن

١١-٣-٢- التشكيل بالحقن : Injection Moulding.

يتم بهذه الطريقة تشكيل معظم انواع اللدائن التي تتصلد بالتبريد فقط ، والشكل (١١-٢) يبين اسلوب العمل بهذه الطريقة .

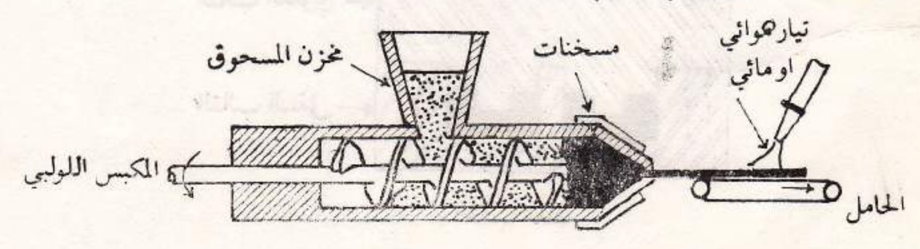


شكل (١١-٢) اسلوب التشكيل بالحقن

ويتم فيها صهر المادة الاولية ثم حقن المنصهر الى داخل قالب حيث يجمد متخذا الشكل المطلوب . ويتصلد المنتوج نتيجة التبريد في القالب ، الذي يبرد بدوره بواسطة قنوات حاملة لماء التبريد ويمتاز التشكيل بالحقن عن الشكيل بالضغط بالسرعة في الانجاز وانخفاض التكاليف وبامكانية انتاج منتوجات ذات اشكال معقدة نسبيا مثل المحامل اللدائنية .

١١-٣-٣- التشكيل بالبثـق : Extrusion Moulding.

في هذه الطريقة يتم تزويد جهاز البثق بالمادة الاولية على شكل مسحوق ، حيث يتم صهره في نهاية الجهاز بواسطة معدات تسخين خارجية تحيط بغرفـــة التسخين ، الشكل (١١-٣) .



شـكل (١١-٣) تشكيل اللدائن بالبثـق

ثم يتم بثق المنصهر بواسطة لولب حلزوني يدفعه الى فتحة القالب الساخنة، فيخرج المنتوج محمولا على حزام سيار حيث يتم تبريده بواسطة تيار هـــوائي او مائي . ويستعمل هذا الاسلوب بشكل واسع لانتاج الانابيب الطويلة ذات الاسماك المختلفة والقضبان اللدائنية وكذلك لاكساء الرقائق والاسلاك المعدنية بالمواد اللدائنية العازلة وكما تستعمل نفس الطريقة لانتاج الرقائق والصفائح اللدائنيـــة .

١١ـ٣ـ٤ـ تشكيل اللدائن على البارد : Cold Moulding

في هذه الطريقة يتم كبس مسحوق المادة الاولية الى الشكل المطلوب في داخل قالب خاص على البارد . ثم ينقل المنتوج الى فرن للتسخين واكمال تصليـــد المنتوج بالشكل المطلوب . وتمتاز هذه الطريقة بانخفاض التكاليف . الا ان الانجاز السطحي للمنتوج يكون رديئا بالاضافة الى ان ابعاد المنتوجات تفتقــر الى الدقة المطلوبة . الاجهزة المستعملة في هذه الطريقة تشبه الى حد بعيـــد الجهاز المبين في الشكل (١١ـ١) .

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما هو الفرق الاساسي بين اللدائن من حيث تأثرها بالحرارة ؟

س٢ : ما هي المزايا والخواص التي تجعل اللدائن من المواد الهندسية الهامة ؟

س٣ : عدد اربعة طرق لتصنيع اللدائن ؟

س٤ : اشرح طريقة تشكيل اللدائن بالحقن ؟

س٥ : عدد اهم مزايا تشكيل اللدائن بالحقن ٠

س٦ : اشرح طريقة لتشكيل اللدائن بالسباكة ٠

س٧ : اشرح طريقة تشكيل اللدائن بالكبس تحت الضغط على الساخن ٠

الفصل الثاني عشر

(المواد الخزفيه والزجاج)

Ceramic Materials and Glasses

الفصل الثاني عشر

(المواد الخزفيه والزجاج)

Ceramic Materials and Glasses

المقدمــــة :

تستعمل المواد الخزفية كمادة هندسية في الكثير من المنتجات الصناعيـــــة ويمتد استعمالها من عدد القطع السريع الى الالياف الخزفية الضوئيـــــة الى المرشحات الى الاستعمال الواسع كمادة اساسيه في المنشأت المعمارية والتحفية وما اليها · المواد الخزفية مواد معقدة ومركبة نظرا لتكوينها من المعادن الفلزية واللا فلزية · لذلك فاننا سوف نركز اهتمامنا على ابسط انواع المواد الخزفية وخواصها وتصنيعها ·

١٢ـ١ـ انواع المواد الخزفية : Types of Ceramics

المواد الخزفية ، كما اسلفنا هي مركبات تتكون من عناصر فلزية ولا فلزية ، على سبيل المثال ، اوكسيد المغنسيوم (MgO) وفلوريد الليثيوم (LiO)

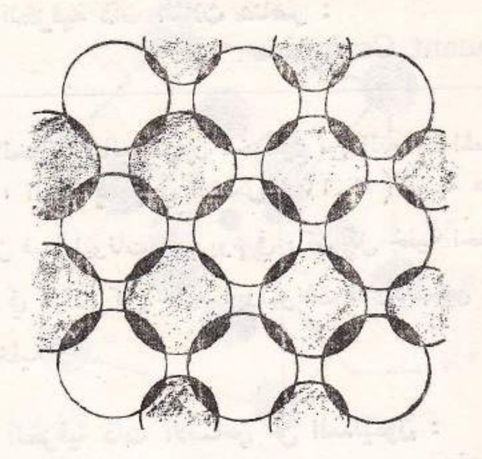
والتي تحتوي على عدد متساو من الايونات السالبة والموجبة · تشمل المـــواد الخزفية ايضا الطين او الصلصال (Clay) الذي يعود استخدامــــه الى مقتبل التاريخ · في هذا الكتاب سوف نناقش المواد الخزفية البســـــيطة ذات العنصرين والثلاثة عناصر ، وهذه تغطي معظم المواد الخزفية المستعملة كمواد هندســـية ·

١٢ـ١ـ١ـ المواد الخزفية ذات العنصرين :Two Component Ceramics

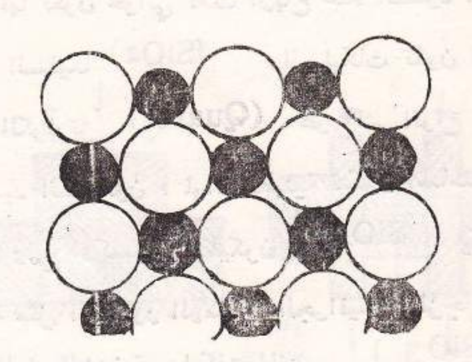
الشكل (١٢ـ١) يبين مثالا على المواد الخزفية ذات العنصرين ، وهي تتكون

من بنية ذات شبكة حيزية مكعبة يكون فيها كل ايون محاطا بثمانية ذرات لاتشبه هذا الايون ، ومن الامثلة عليها كلوريد السيزيوم(Cs CL) ، والمثال الاخر هو النوع الذي يظهر في الشكل (١٢ـ٢) ، وهو النوع الاكثر شيوعا ، ويتكون من شبكة حيزية مكعبة يكون فيها كل ايون محاطا بستة ذرات مختلفة ، كلوريد الصوديوم على سبيل المثال (NaCl) .

ان هذه المواد تتكون بتكافؤ بنسبه واحد الى واحد ، الا ان ذلك ليس ضروريا . فنجد ان اوكسيد الالمنيوم (AL_2O_3) يتكون بتكافؤ اثنين الى ثلاثه وكذلك الحال مع اوكسيد الزركونيوم (ZrO_2) ، وهكذا فهنالك مواد خزفيه تتكون بسلسله متصاعده من التكافؤ مثل اوكسيد الكروم (Cr_2O_3) وفلوريد الكاليسيوم (CaF_2) .



شكل (١٢-١) المواد الخزفية ذات العنصرين



شكل (١٢-٢) المواد الخزفية ذات العنصرين

١٢ـ١ـ٢ـ المواد الخزفية ذات الثلاث عناصر : Three Component Ceramics

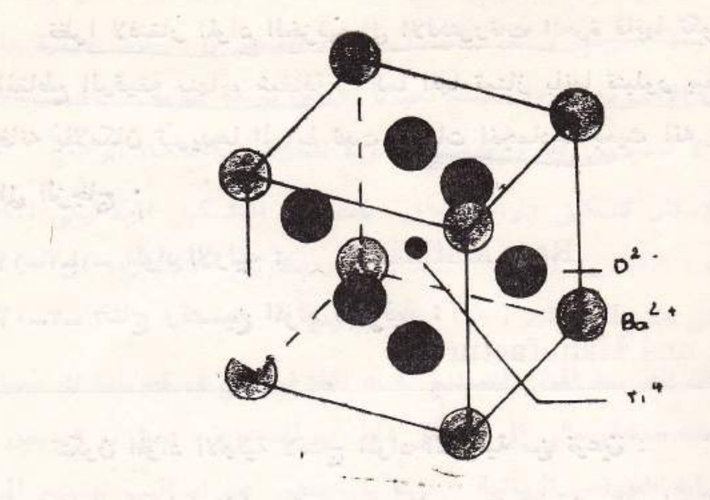
تحوي المواد الخزفية غالبا نوعين مختلفين من الذرات المعدنية ، مثل المركب ($Ba\ TiO_3$) ، الذي يظهر في الشكل (١٢ـ٣) ،بنية هذا المركب تتكون من بنية مكعبة تتمركز فيها ايونات الباريوم في ركن كل خلية احادية ، بينما تتمركز ايونات التيتانيوم في مركز كل خلية ، وايونات الاوكسجين تتمركز في كل وجه من اوجه هذه الخلية ٠

١٢ـ١ـ٣ـ المواد الخزفية ذات الاساس من السليكون : Si-Base Ceramics

عناصر السليكون والاوكسجين هي اكثر العناصر تكوينا لقشرة الكـــــرة الارضية ، حيث انها تكون حوالي ثلاث ارباع هذه القشرة ، مركبات السليكون والاوكسجين مثل السليكا (SiO_2) والسليكات تكون اساس الكثـــير من المواد الطبيعية ٠ الكوارتز **(Quartz)** هو اكثر انواع الرمال انتشـــارا ويتكون من اوكسيد السليكون ، لمواد الطينية تتكون اساسا من سليكـــــات الالمنيوم ٠ كما ان رابع اوكسيد السليكون (SiO_4) يكون اساس العـديد من المواد الطبيعية مثل الصخور الرملية والجرافيت والزجاج ٠ من الامثلة على هذه الانواع من المواد الخزفية سليكات المغنسيوم ($Mg\ SiO_3$) التي يمكن تحويلها الى الزجاج ٠

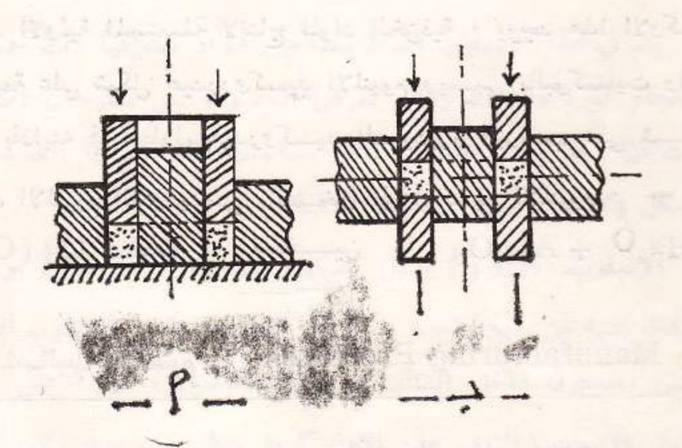
١٢ـ٢ـ خواص المواد الخزفية : Properties of Ceramics

تكون معظم المواد الخزفية بلورية كما هي الحال مع المعادن ، الا انها تفتقر الى الالكترونات الحرة ، لذا فهي مواد مستقرة وثابتة ، عديمة التوصيل الحراري والكهربائي تقريبا ، وهي مواد عازلة ٠



شكل (١٢-٣) مثال على بنية المواد الخزفية ذات ثلاثة عناصر

(Ba TiO3).



شكل (١٢-٤) تشكيل مساحيق المواد الخزفية بالضغط ..

أ - الضغط من جهة واحدة ، من الاعلى

ب - الضغط من جهتين ، من الاعلى ومن الاسفل

المواد الخزفية تمتاز بأن درجات حرارة انصهارها تكون اعلى من المعادن ، وتمتاز عادة بصلادة اعلى ومقاومة اشد ضد التآكل بتأثير المواد الكمياوية ·

نظرا لافتقار المواد الخزفية الى الالكترونات الحرة فانها تكون ، وخاصة المقاطع الرقيقة منها ، شفافة · كما انها تمتاز بانها تتبلور ببطء شديد ، لذا فانه بالامكان تبريدها الى ما تحت درجات انجمادها بحيث انه يمكن تحويلها الى الزجاج ·

١٢-٣- انتاج وتصنيع المواد الخزفية : Production and Manufacturing

١٢-٣-١- المواد الاولية : Raw Materials

تتكون المواد الاولية لانتاج المواد الخزفية من نوعين :

١ ـ المواد الاولية الطبيعية ، وهي للمواد مثل الطين والصلصال والصوان وسليكات الالمنيوم وانواع اخرى من السليكات المركبة مثل الكاؤولين (Kaolinite) ·

٢ ـ المواد الاولية المصنعة ، مثل اوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) وهو اكثر المواد الاولية المستعملة لانتاج المواد الخزفية ، يوجد هذا الاوكسيد في الطبيعة على شكل هيدرروكسيد الالمنيوم ويسمى بالبوكسايت والذي يتم تنقيته بأذابته في محلول هيدروكسيد الصوديوم ويرسب على شكل هيدروكسيد الالمنيوم الذي يتحلل بالتسخين الى اوكسيد الالمنيوم :

$$3H_2O + AL_2O_3 \xleftarrow{\text{تسخين}} 2AL_2O_3(OH)_3$$

١٢-٣-٢- اساليب التصنيع : Manufacturing Processes

لقد استعمل الطين كمادة اولية اساسية لانتاج المواد الخزفية حتى قبل ان يتم اكتشاف النار · يكون الطين لينا في الحالة الرطبة ويكتسب المتانة بعد التجفيف ، لذلك فلقد تم تصنيع الطين في الحالة العجينية الى اشكال مختلفة ، ثم استعمالها بعد فقدانها للماء والرطوبة · لقد اكتشف فيما بعد بان هذه

المنتوجات تكتسب مقاومة اضافية لدى تسخينها او حرقها بعد التجفيف ٠

تمتاز المواد الخزفية ، كما اسلفنا ، بأنها تنصهر في درجات حرارة عالية نسبيا ، فوق الالف درجة وقد تبلغ احيانا الالفين درجة مئوية ٠ لذا فان الصهر او السباكة لا تستعمل كطرق تصنيع للمواد الخزفية باستثناء الزجاج ٠ كما انه ليس بالامكان تشكيل المواد الخزفية بأساليب التشكيل الميكانيكي المختلفة مثل السحب ، الكبس ، الدرفلة والحدادة ، وذلك نظرا لافتقارها الى اللدونة الضرورية لمثل هذه العمليات ، عدا المواد الطينية ٠

لذلك فان الطريقة المثلى لتصنيع المواد الخزفية هي في تحويلها الى مساحيق ثم كبسها تحت ضغط عالي الى الشكل المطلوب للمنتوج ، ومن ثم تحميص هذا المنتوج لاكسابه الخواص النهائية ٠ فيما يلي بعض اهم اساليب تصنيع المواد الخزفية ٠

١٢ـ٣ـ٢ـ١ـ التشكيل بالضغط : Pressure Forming

يتم في هذا الاسلوب اعداد مساحيق المواد الخزفية ذات جسيمات مختلفة الاحجام كبيرة وصغيرة وذلك لغرض الحصول على منتوجات ذات كثافة عالية ، حيث ان الجسيمات الدقيقة تملأ المساحات التي تتركها الجسيمات الخشنة ٠ الشكل (١٢ـ٤) يبين اسلوبين للتشكيل بهذه الطريقة ٠

الاسلوب الاول (أ) يمثل تشكيل المسحوق داخل قالب بواسطة مكبس يضغط عليه من جهة واحدة ، اي من الاعلى فقط ، الاسلوب الثاني (ب) يتم بكبس المسحوق داخل القالب بواسطة مكبسين ، من الاعلى ومن الاسفل ٠ يفضل الاسلوب الثاني على الاول كونه يعطي منتوجات اكثر كثافة وبذلك اعلى متانة ٠

١٠-٣-٢-٢- التشكيل تحت ضغط متساوي من جميع الجهات : Isostatic Forming

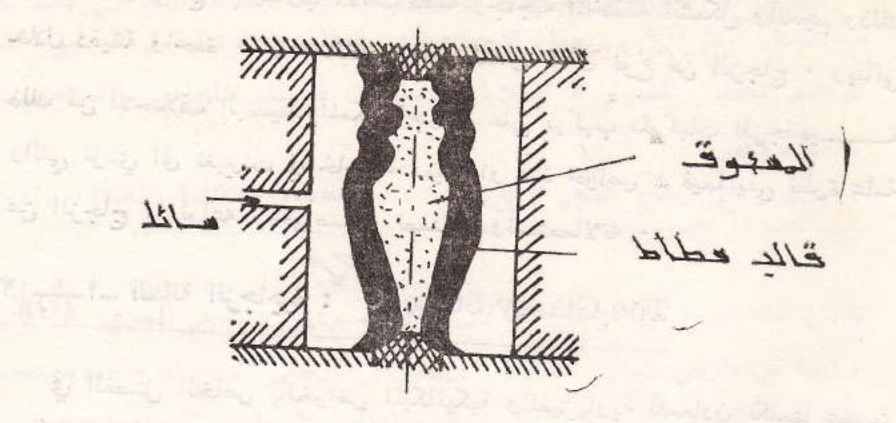
الشكل (١٢-٥) يبين هذا الاسلوب ، حيث يتم كبس المسحوق داخل قالب من المطاط يعطي الشكل المطلوب للمنتوج • ويتم الكبس بضغط ماء او سائل على جدران القالب بشكل متساوي من جميع الجهات • ان منتوجات هذه الطريقة تمتاز بتجانس كثافتها وخواصها •

١٢-٣-٢-٣- السباكة الانزلاقية : Slip Casting

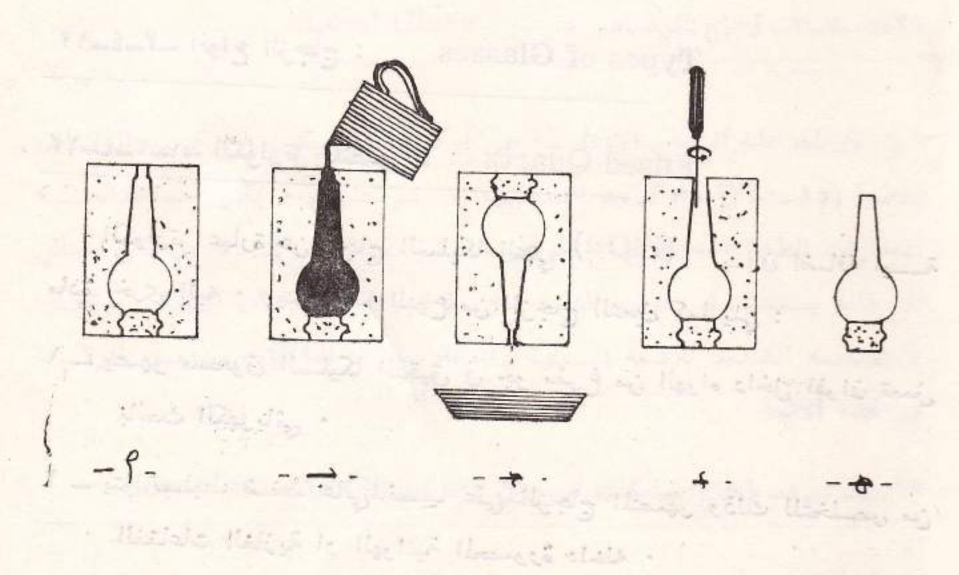
يتم في هذا الاسلوب تشكيل مسحوق المادة الخزفية وهو معلق مع سائل او ماء ، حيث يتم اولا تحضير معلق من السائل يحوي جسيمات المسحوق •يصب هذا المعلق داخل قالب من مادة مسامية مثل الجص • المادة المسامية تمتص السائل تاركة قشرة رقيقة من المادة الخزفية على سطح القالب • بعد ذلك يسكب السائل الفائض ويجفف القالب للحصول على المنتوج النهائي حيث يستخرج من القالب بعد تمكيكه • الشكل (١٢-٦) يبين خطوات التشكيل بهذه الطريقة •

١٢-٤- الزجاج : The Glass

استخدم الزجاج كمادة هندسية منذ مقتبل التاريخ وهو من حيث القدم يقارب البرونز (Bronze) • ولقد اكتسب الزجاج اهمية خاصة بعد اكتشاف انبوب النفخ ، الذي استعمل لتشكيل الزجاج الى منتوجات مجوفة مختلفة الاشكال بواسطة النفخ بقوة ضغط الرئة البشرية • في الوقت الحاضر



شكل (١٢-٥) التشكيل تحت ضغط متساو من جميع الجهات



شكل (١٢-٦) خطوات التشكيل بالسباكة الانزلاقية

تتوفر اجهزة تنتج ما يقارب الالف قطعة زجاجية المختلفة الشكل والحجم وذلك خلال دقيقة واحدة · ان هنالك حوالي العشرة الاف نوع من الزجاج · ويتأتى ذلك من الاختلاف البسيط الممكن اجراؤه على تركيب المركبات الزجاجيـــــة والتي تؤدي الى تغييرات في خاصية معينة او عدة خواص · فيما يلي نظرة عامة عن الزجاج ، انواعه ، خواصه ، تصنيعه واستعمالاته ·

١٢ـ٤ـ١ـ الحالة الزجاجية : The Glassy State

في الفصل الخاص بالخواص الميكانيكية والفيزياوية للمعادن تكلمنا عـــن كيفية تحول المعادن من الحالة السائلة الى الحالة الجامدة بتكوين الشبكة الحيزية والبنية البلورية · يختلف الزجاج عن المعادن بانه لدى الانجماد لا يكون شبكة حيزية او بنية بلورية ، بمعنى انه يجمد بدون تبلور ، اي انه عبارة عن سائل جامد ، تسمى هذه الظاهرة بالحالة الامورفيه (Amorphism)

١٢ـ٤ـ٢ـ انواع الزجاج : Types of Glasses

١٢ـ٤ـ٢ـ١ـ الكوارتز المنصهر : Fused Quartz

الكوارتز عبارة عن زجاج السليكا النقي (SiO_2) بدون اضافة ايـــة مادة اخرى اليه · وينتج هذا النوع من الزجاج الثمين كما يلي :

١ ـ يصهر مسحوق السليكا الدقيق في جو مفرغ من الهواء داخل افران تعمل بالحث الكهربائي ·

٢ ـ يتم تسليط ضغط عالي نسبيا على الزجاج المنصهر وذلك للتخلـص من الفقاعات الغازية او الهوائية المحصورة داخله ·

٣ ـ يتم كبس الزجاج المصهور بهذه الطريقة على شكل كتل يتم تشكيلهـــا فيما بعد حسب الشكل المطلوب وذلك بالمقالبة تحت التسخين الذي يجعله اقل لزوجة واسهل تشكيلا ·

يمتاز هذا الزجاج باستقرار الحراري بمعنى ان تمدده الحراري يكـــون متجانسا ، لذا فانه يستعمل للاجهزه التي تتطلب دقة عالية في القياس مثـل مواشير التحليل الضوئي ، الخلايا الشمسية ، عدسات المجاهر ، الساعـــات واجهزة الليزر ٠

١٢ـ٤ـ٢ـ٢ـ زجاج الحجر الجيري : Soda Lime Glass

يتكون هذا النوع من الزجاج من كاربونات الصوديوم والحجر الجيري (CaO) وكمية من الرمل العالي النقاوة ، ويعتبر من ارخص انواع الزجاج ويستعمـل للاغراض العامة مثل زجاج الشبابيك والقناني الزجاجيـــة وادوات المطبـــخ الاعتيادية ٠ هذا الزجاج له معامل تمدد حراري عالي جدا ، لذا فانه لا يقاوم الصدمات الحرارية ويكون سهل الكسر لدى تعرضه الى التسخين والتبـــريد في آن واحد (صدمة حرارية) ٠

٢١ـ٤ـ٣ـ٣ـ زجاج الرصاص : Lead Glass

مكونات هذا الزجاج الاساسية هي اوكسيد السليكون ، اوكسيد الرصاص بنسبة (١٥ـ٥٠٪) واوكسيد الصوديوم او البوتاسيوم ٠ يكثر استخدامـــه للنظارات الطبية ، حيث ان له خواص ضوئية ممتازة ٠ كما انه ذو تألق جمالي لذا فانه يستعمل في معدات الزينة مثل المزهريات والتحفيات الفنية ٠ ونظـرا لامتصاصه الشديد للاشعة السينية واشعة جاما ، لذا فانه يستعمل للوقـاية من هذه الاشعة ٠

١٢ـ٤ـ٢ـ٤ـ زجاج سليكات البورون : Boron silicate Glass

يتكون هذا الزجاج من اوكسيد السليكون ، اوكسيد البورون (Ba_2O_3) بنسبة (١٠ـ٤٠٪) واوكسيد الالمنيوم بنسبة (٢٠ـ٢٥٪) . وهو الزجاج المعروف تجاريا البايركس (Pyrex Glass) ٠ يمتاز بانخفاض معامل تمدده

الحراري ، لذا فانه يستعمل لاواني الطبخ والمعدات المختبرية التي تتعرض الى الحرارة ٠

١٢ـ٤ـ٢ـ٥ـ زجاج الباريوم : Barium Glass

مكوناته الاساسية اوكسيد السليكون واوكسيد الباريوم (BaO) مع كميات من اوكسيد الصوديوم او البوتاسيوم ٠ يستخدم هذا الزجاج لصناعة شاشات اجهزة التلفزيون ٠

١٢ـ٤ـ٢ـ٦ـ الزجاج الملون : Coloured Glass

للزجاج قابلية عالية على امتصاص او اذابة الايونات الفلزية ، وتستغل هذه القابلية لتلوين الزجاج وذلك بأضافة معادن معينة اليه ٠ الجدول (١٢ـ١) يبين المعادن التي تضاف الى بعض انواع الزجاج والالوان الناتجة من هذه الخامات ، والجدول رقم (١٢ـ٢) يعطي تركيب وخواص بعض انواع الزجاج ٠

١٢ـ٤ـ٣ـ خواص الزجاج : Properties of Glasses

١٢ـ٤ـ٣ـ١ـ الخواص الفيزياوية : Physical Properties

١ ـ التوصيل الكهربائي والحراري :
(Electrical and Thermal conductivity):

تعتمد قابلية المواد على التوصيل الكهربائي والحراري على توفر عدد من الالكترونات الحرة فيها ٠ يعتبر الزجاج موصلا رديئا جدا للكهربائية والحرارة ، حيث ان الالكترونات الموجودة فيه تكون مربوطة بأواصر قوية جدا لا تسمح بحركة الالكترونات ، مما يجعل الزجاج مادة عازلة ممتازة وخاصة في الحالة الجافة ٠

جدول (I -I2) معاون تلويـــن الزجـــاج

المعدن المضاف	اللـــون النـاتـــج
النيكل (Ni)	ازرق قرمـزى
النحاس (Cu)	ازرق
الكروم (Cr)	اخضر
الليثـيوم (Li)	اصفر مخضـر
الحديد (Fe)	أزرق مخضـر
المنجنيز (Mn)	أحمر قرمزى

الجدول رقم (I2 .2) تركيب وخواص بعض انواع الزجـاج

التركيب الكيميـــاوى (%)

نوع الزجـــاج	SiO2	Al2O3	Cao	Na2o	B2O3	Mgo	Pbo	الخواص
١ ـ الكوارتز المنصهر	99	-	-	-	-	-	-	تحدد حرارى واطئ جدا ولزوجة
٢ ـ زجاج البيركس	8I	2	-	4	I2	-	-	عالية تحدد حرارى واطئ
٣ ـ زجاج الشبابيك	74	I.	5	I5	-	4	-	سهل التشكيل
٤ ـ زجاج المصابيح	74	I	5	I6	-	4	-	= =
٥ ـ زجاج المحازير	73	6	-	I0	I0	-	-	استقرارية الابعاد
٦ ـ زجاج الرصاص	67	-	-	6	-	-	I7	ايضاف اليه (I0 %) اوكسيد البوتاسيوم يمتاز بتألق شديد

٢ ـ الشفافية : (Transparency)

شفافية المواد تعود الى قابلية الضوء على اختراقها بدون عائق • المعادن تعيق الضوء من المرور خلالها بسبب وجود الشبكة الحيزية والبنية البلورية والحدود البلورية • شفافية الزجاج تعود الى كونه مادة غير متبلورة ، بمعنى انه لاتوجد اية عوارض يمكن ان تعيق مرور الضوء •

وفي الواقع فانه بالامكان اعتبار الزجاج عبارة عن بلورة كبيرة واحدة متجانسة تسمح بمرور الضوء ، في حين ان البنية البلورية للمعادن قد تتكون من ملايين البلورات التي تكون عائقا امام الضوء ، بحيث ان الموجات الضوئية سوف تنعكس من على سطح هذه البلورات مرتدة دون اختراقها ، لذلك تكون هذه المواد معتمة وغير شفافة •

١٢ـ٤ـ٣ـ٣ـ الخواص الميكانيكية : Mechanical Properties

من اهم خواص الزجاج الكيمياوية هي الاستقرار كيمياويا ، بمعنى عدم التفاعل او التأثر بالمواد الاخرى • لذا نجد ان الزجاج يقاوم التآكل من قبل معظم الحوامض باستثناء حامض الهيدروفلورين الذي يستخدم لحفر الزجاج ، الا انه يتفاعل مع القواعد القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم •

ويمتاز زجاج السليكا عن غيره من انواع الزجاج بهذه الخاصية اي الخمولية الكيمياوية •

١٢ـ٤ـ٣ـ٢ـ الخواص الكيمياوية : Chemical Properties

يعتبر الزجاج من اصلد المواد وهو اصلد من معظم انواع الفولاذ ، كما انه مرن جدا ويستعمل عادة في هذه الحالة الاخيرة ، ونظرا لانعدام البيئة البلورية فيه فانه يكون ذو مقاومة شد وانضغاط عاليتين •

تعتبر صلادة الزجاج العالية من الخواص الرديئة حيث انها تجعل من

الزجاج مادة قصفه · ومن ناحية اخرى فان هذه الصلادة تستغل صناعيا وخاصة في الالياف الزجاجية التي تستعمل لتقوية مواد اخرى لا تمتلك هذه الصلادة مثل اللدائن (Plastics) ·

١٢ـ٤ـ٤ـ طرق تصنيع الزجاج : Manufacturing Processes

١٢ـ٤ـ٤ـ١ـ التشكيل بالنفخ : Forming by Blowing

تشكيل الزجاج بالنفخ هو اكثر اساليب التصنيع شيوعا واقدمها · ويمكن ان تجري العملية يدويا باستخدام انبوب النفخ المجوف الذي يوضع داخل الفرن الحاوي على الزجاج المصهور ، حيث يسخن الى درجة حرارة هذا الزجاج · تلتصق كمية من الزجاج بنهاية الانبوب ، حيث يقوم عامل التشكيل بوضع نهاية الانبوب الحامل لكتلة الزجاج داخل قالب ذو شكل معين وينفخ الكتلة الزجاجية الى الشكل المطلوب ·

هذه العملية تجري اليوم آليا · الشكل (١٢ـ٧) يبين تشكيل قنينة زجاجية ذات رقبة بواسطة النفخ الآلي ، حيث يتم اولا تشكيل المنتوج الاولي ،الخطوات من (١ـ٥) ، ثم ينقل هذا المنتوج (٦) الى قالب النفخ لانتاج المنتوج النهائي ، الخطوات (٧، ٨، ٩) · تستعمل هذه الطريقة لصناعة القناني والاواني الزجاجية ذات الاشكال المعقدة نسبيا ·

١٢ـ٤ـ٤ـ٢ـ التشكيل بالبثق : Extrusion

هذه العملية مشابهة لعملية بثق المعادن (انظر الفصل الخاص بالتشكيل الميكانيكي للمعادن) · حيث يتم تشكيل كتلة عجينية من الزجاج بوضعها في اسطوانة البثق ، كما في الشكل (١٢ـ٨) ، ثم يكبس عليه بمكبس مجوف في مركزه ، فيخرج المبثوق من الجهة المغايرة لحركة المكبس · من الواضح ان هذه

شكل (١٢-٧) خطوات التشكيل بالنفخ الآلي

العملية يمكن استعمالها لانتاج المقاطع المختلفة المربعة او الدائرية وما شـــابه وذلك بتغيير شكل التجويف في المكبس والذي يقوم مقام قالب التشكيل . تستعمل عملية البثق هذه ايضا لتغليف منتجات اخرى بطبقة ذات سمك معين من الزجاج، كما يظهر في الشكل (١٢ـ٩) .

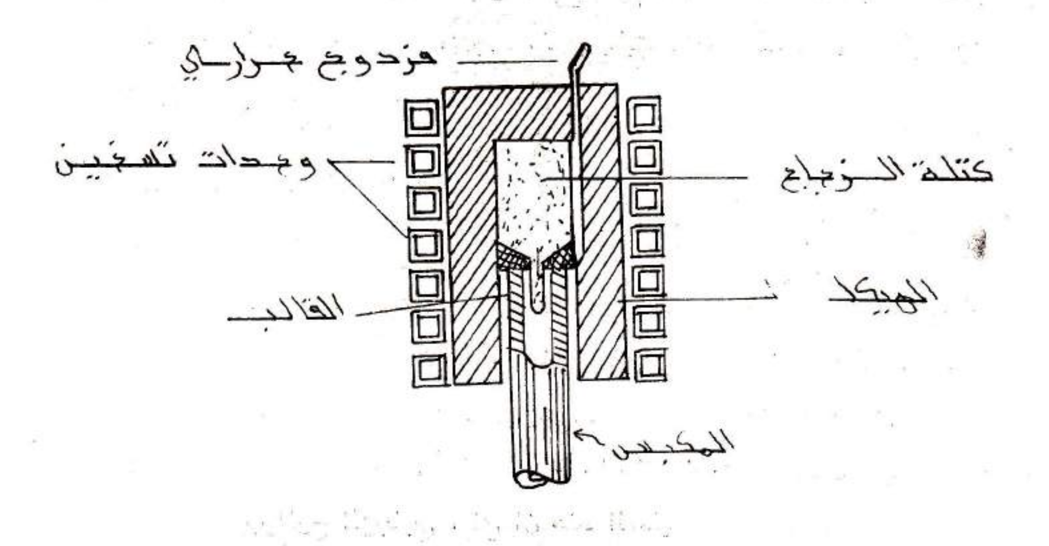
١٢ـ٤ـ٤ـ٣ـ التشكيل بالدرفلة : Rolling

ايضا هذه العملية تشبه العملية المستعملة لدرفلة المعادن ، وتستعمل لانتاج الالواح الزجاجية ، حيث يتم تشكيل كتلة زجاجية عجينية بين اسطوانتي درفيل تشكيلا اوليا ، ثم يستمر التشكيل بواسطة عدد من ازواج الدرافيل التـــي تعطي اللوح الزجاجي سمكا معينا في كل مرحلة الى ان يتم الحصول على السمك النهائي المطلوب للوح الزجاجي ، اي ان هذه العملية هي مستمرة ، كما هـــي الحال في انتاج الالواح او الصفائح المعدنية .

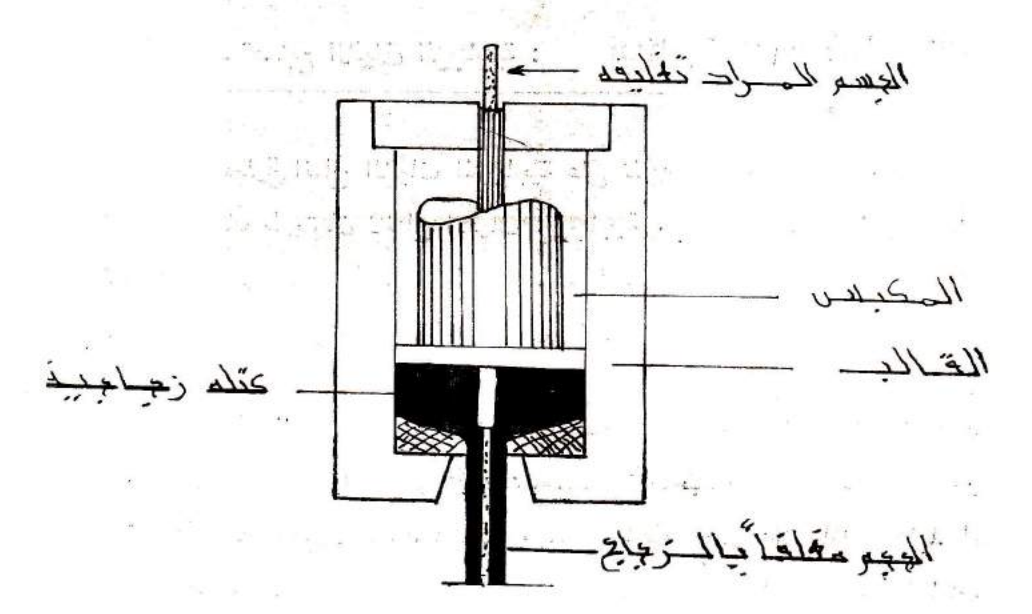
١٢ـ٤ـ٤ـ٤ـ تصنيع الالياف الزجاجية : Fiber Glass Production

تستند عملية انتاج الالياف الزجاجية على تليين الزجاج ثم سحبه بسرعـة عالية . هنالك طريقتان لانتاج الالياف الزجاجية ، الاولى تظهر في الشـــكل (١٢ـ١٠) ، وتسمى بطريقة انتاج الالياف المتقطعة ، والثانية تظهر في الشكل (١٢ـ١١) وتسمى بطريقة انتاج الالياف المستمرة .

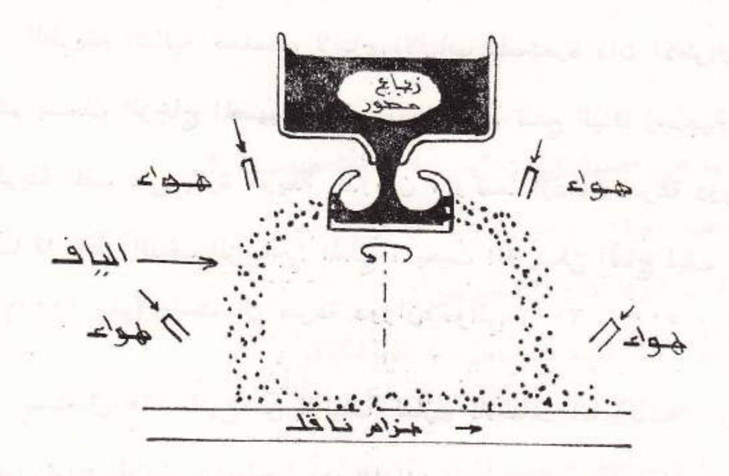
في الطريقة الاولى يتم صب الزجاج المنصهر في حاوية دائرية الشكل ذات ثقوب على مدار محيطها والتي تنفذ منها الياف زجاجية رفيعة تتعرض فـــور نفاذها الى تيار هوائي شديد فتبرد وتتكسر ساقطة على حزام ناقل ينقلها الى حيث يتم خزنها او استعمالها ، الحاوية تدور باستمرار خلال العملية ، الالياف الناتجة تسمى بالصوف الزجاجي الذي يتكون من الياف ذات قطر يساوي حوالي (١٠/١٠٠٠ ملم) وكثافة لا تتجاوز (١ر٠ غم/سم٣) .



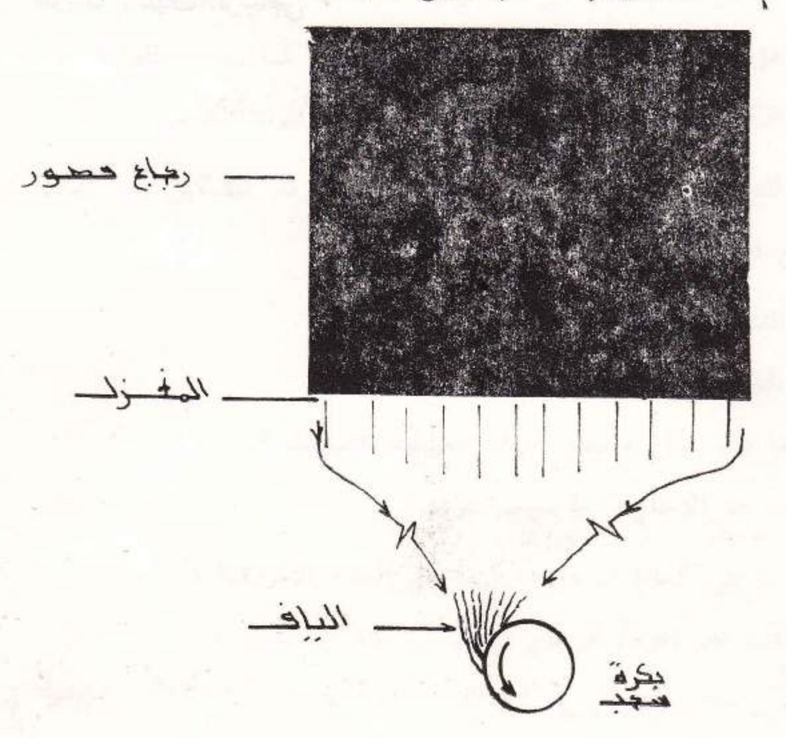
شكل (١٢ــ٨) عملية تشكيل الزجاج بالبثق



شكل (١٢ــ٩) التغليف بالزجاج في عملية البثق



شكل (١٢-١٠) انتاج الالياف المتقطعة



شكل (١٢-١١) انتاج الالياف المستمرة

الطريقة الثانية تستعمل لانتاج الالياف المستمرة ذات الاطوال المختلفة . وتتم بسحب الزجاج المصهور خلال ثقوب مغزل تنتج اليافا زجاجية رفيعة وطويلة تلف على بكرة سريعة الدوران ، وكلما ازدادت سرعة دوران البكرة كلما قل قطر الليف الزجاجي المنتج ، بحيث انه يمكن انتاج ليف بقطر حوالي (٢/١٠٠٠ ملم) باستعمال سرعة دوران حوالي (٣٠٠ ـ ٥٠٠ م / ثانيه) .

يستعمل هذا النوع من الالياف كعازل للاسلاك الكهربائية ، في صناعة بعض انواع الملابس الزجاجية وفي اللدائن التي تمتاز بمقاومة شد عالية بعد تقويتها بالليف الزجاجي .

– اسـئلة –

س١ : أ – ما هي اهمية المواد الخزفية كمادة هندسية ؟

ب – عدد انواع المواد الخزفية واشرح :

١ – المواد ذات العنصرين ٠

٢ – المواد ذات الاساس من السليكون ٠

جـ – ما هو الكوارتز وما هو نوعه ؟

س٢ : أ – ما هي اهم خواص المواد الخزفية ؟

ب – ما هو سبب كون المواد الخزفية عازلة حراريا وكهربائيا ؟

جـ – هل يمكن تحويل المواد الخزفية الى زجاج شفاف ٠٠ لماذا ؟

س٣ : أ – اذكر اهم المواد الاولية الضرورية لانتاج المواد الخزفية ٠

ب – لماذا لا تستعمل السباكة ، الحدادة ، والدرفلة لتشكيل هذه المواد؟

س٤ : اشرح اساليب تصنيع المواد الخزفية التالية :

١ – التشكيل بالضغط ٠

٢ – السباكة الانزلاقية ٠

٣ – ما هي انواع تشكيل المواد الخزفية بالضغط ؟

س٥ : أ – ما هو الزجاج ؟ ما سبب تنوعه ؟

ب – ما هي الحالة الزجاجية ؟ ما هي الحالة الامورفية ؟

س٦ : أ – عدد اهم انواع الزجاج وتكلم عن الانواع التالية :

١ – الكوارتز المنصهر ٠

٢ – زجاج الحجر الجيري

٣ – زجاج الرصاص

٤ ـ زجاج الباريوم ٠

ب ـ كيف يتم تلوين الزجاج ؟ عدد عددا من المعادن المستعملة لهـذا الغرض والالوان الناتجة منها ٠

س٧ : أ ـ تكلم عن الخواص التالية للزجاج :

١ ـ الفيزياوية ٢ ـ الكيمياوية ٣ ـ الميكانيكية ٠

ب ـ كيف تعلل الخواص التالية في الزجاج :

الشفافية ، العزل الحراري والكهربائي

ج ـ هل الزجاج مادة مرنة ؟ لماذا ؟

س٨ : ما هي خواص انواع الزجاج التالية :

١ ـ الكوارتز المصهور

٢ ـ زجاج البايركس

٣ ـ زجاج المصابيح

٤ ـ زجاج الرصاص

س٩ : عدد اهم اساليب تشكيل الزجاج واشرح :

١ ـ التشكيل بالنفخ

٢ ـ التشكيل بالبثق

٣ ـ التشكيل بالدرفلة

س١٠ : أ ـ كيف تصنع الالياف الزجاجية المتقطعة ولماذا تستعمل ؟

ب ـ كيف تصنع الالياف الزجاجية المستمرة ولماذا تستعمل ؟

الفصل الثالث عشر
(وصـل المعـادن)

Joining of Metals.

ان المنتج النهائي لا يتم الحصول عليه بعملية تصنيعية واحدة من العمليات التي تم ذكرها في الفصول السابقة بل تنجز عليه عادة عدة عمليات تصنيعية ان المنتج النهائي في الاكثر الاحيان يتكون من عدة اجزاء وهذه الاجزاء تجمع او توصل مع بعضهما باحدى الطرق المتداولة لوصل المعادن . ولاعطاء فكرة للقارىء عن اهم هذه الطرق فانه قد تم مقارنتها بطرق وصل الاخشاب المعروفةوالمتداولة الاستعمال لبيان اوجه التشابه بينها كما يوضح شكل (١٣ـ١) ذلك .

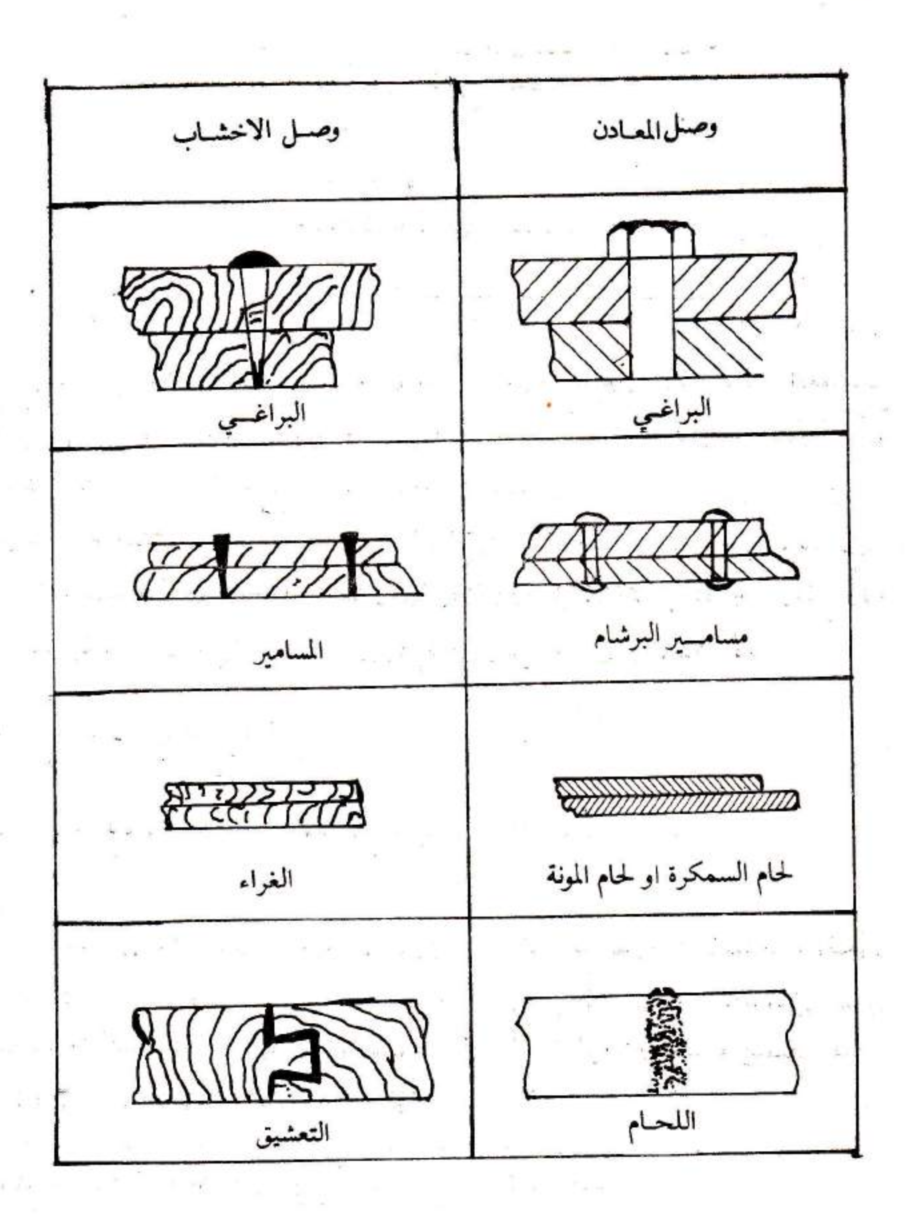
اهم طرق وصل المعادن :

١٣ـ١ـ وصل المعادن بواسطة اللوالب : Screw Fastening.

تستعمل هذه الطريقة لوصل الاجزاء المعرضة للتصليح والاستبدال المتكرر اثناء الاستعمال الطويل للمنتج لذا فان وصل هذه الاجزاء يكون بشكل غير دائمي وتختلف انواع البراغي المستعملة في هذه الطريقهوجميعها يستعمللغاية واحدة وهي وصل المعادن بصورة مؤقتة .

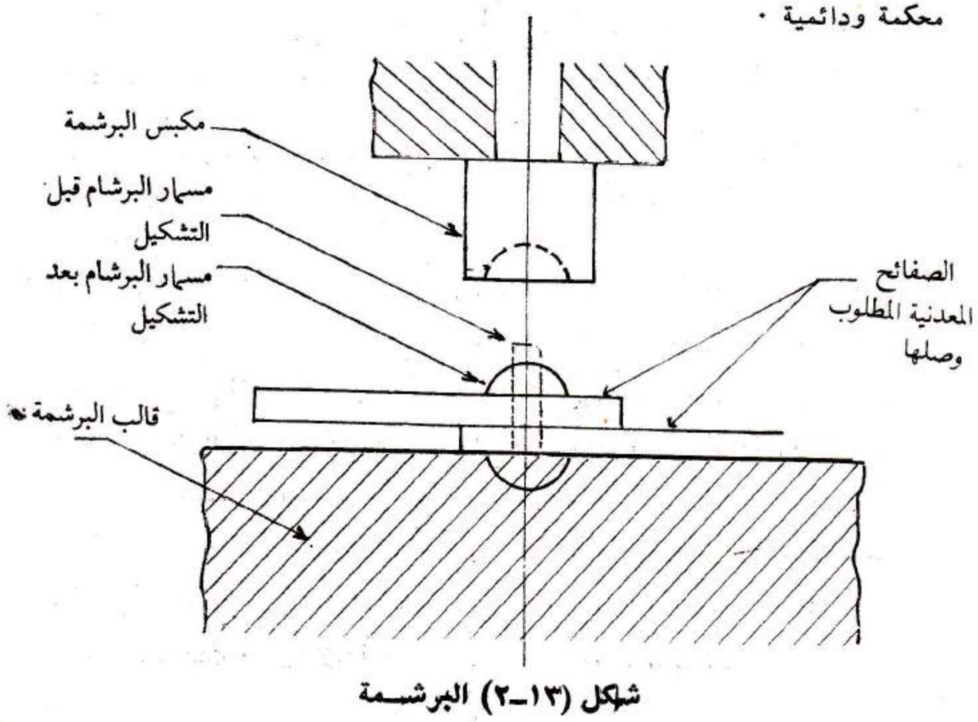
١٣ـ٢ـ وصل المعادن بالبرشمة : Riveting.

تعتبر هذه الطريقة من الطرق التي تستعمل لوصل المعادن بصورة دائمية وتستعمل لوصل الصفائح المعدنية الرقيقة وخاصة في بناء هياكل وسائل النقل المختلفة ، والبرشمة تشابه عملية وصل الاخشاب بالمسامير ، حيث يتم



شكل (١٣-١) اوجه التشابه بين وصل المعادن ووصل الاخشاب

مسك المسامير بواسطة قوى الاحتكاك المسلط عليها من قبل الخشب ولكن هذا بالطبع غير ممكن عند وصل المعادن بمسامير البرشام · لذا فانه من الضـــروري تشكيل رؤوس هذه المسامير ، شكل (١٣ـ٢) ، لتتم عملية الوصل بصـــورة محكمة ودائمية ·



شكل (١٣ـ٢) البرشـــمة

١٣ـ٣ـ وصل المعادن بالسمكرة وبالمونه :

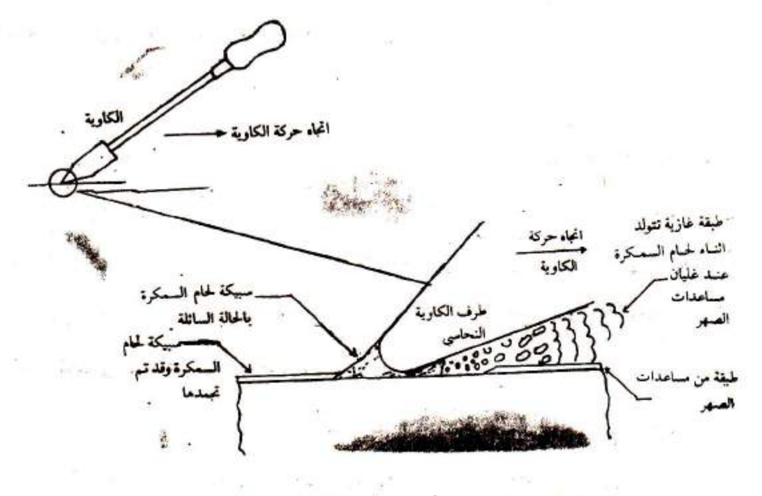
الوصل بالسمكرة او بالمونة تشبه طريقة وصل الاخشاب بواسطة الغراء وفي هذه العمليات توضع طبقة رقيقة من معفن او سبيكة مصهورة بين السطحين المراد وصلهما وعند تجمد هذه المادة المعدنية تتم عملية الوصل ويشتـــرط ان تكون درجة انصهار المادة المعدنية المضافة اقل من درجة انصهار الاجـــزاء المعدنية المطلوب وصلها باحدى هذه الطرق ·

ولا يوجد حد فاصل بين الوصل بالمسكرة او الوصل بالمونة ولكنه جـرى العرف والاتفاق على اعتبار الوصل بالسمكرة مختصا بوصل المعادن بواســطة سبائك درجة انصهارها منخفضة نسبيا وتكون عادة اقل من (٥٤٣٠) مئــوية

واذا زادت درجة انصهار السبائك المضافة عن هذه الدرجة اعتبر الوصل بالمونة وعموما تعتبر وصلات المونة افضل من وصلات السمكرة من حيث خواصها الميكانيكية وذلك لحصول تسابك جزئي بين مادة الوصل والاجزاء التي تم وصلها بينما لا يحصل اي تشابك في عملية الوصل بالسمكرة ·

١٣-٣-١- الوصل بالسمكرة : Soldering

اهم السبائك المستعملة في الوصل بالسمكرة هي التي اساسها الرصاص والقصدير · وفي هذه العملية تستعمل معدات مختلفة لصهر هذه السبيكة · فالكاوية تعتبر اشهر واقدم هذه المعدات وتتكون من مقبض معزول حراريا وطرف مصنوع من النحاس يسخن عند الاستعمال بواسطة لهب غازي او بالشعلة المتولدة من احتراق فحم الكوك واحيانا يسخن بواسطة مقاومة كهربائية داخلية · وعند اجراء عملية الوصل بهذه الطريقة من الضروري تنظيف سطحي القطعتين في منطقة الوصل من الزيوت والشحوم والقشور الاوكسيديةوتستعمل كذلك مساعدات صهر لازالة الشوائب او الاكاسيد التي قد تبقى بعد عملية التنظيف المذكورة وافضل مساعدات الصهر المستعمله ، الوصل بالسمكرة



شكل (١٣-٣) وصل السمكرة

هي كلوريد الزنك وكلوريد الالومنيوم كما تكون هذه المركبات اثناء عملية الوصل طبقة غازية تمنع اوكسجين الهواء مع سطحي القطعتين المراد وصلهما · والشكل (١٣-٣) يوضح هذه الطريقة ·.

ان الوصل بالسمكرة يستعمل في عمل التوصيلات الكهربائية وفي وصل الاوعية المعدنية وكذلك لوصل المواسير المصنوعة من الرصاص والانابيب النحاسية وغيرها من الاعمال المشابهة ·

١٣-٣-٢- الوصل بالمونه : Brazing

اهم السبائك المستعملة في الوصل بالمونة هي السبائك التي اساسها النحاس او الفضة وتستعمل في عملية الوصل بالمونة مساعدات صهر تماثل في وظيفتها مساعدات الصهر في الوصل بالسمكرة وتتركب من بعض المواد الكيمياوية مثل البوراكس المكلس او مزيج من حامض البوريك والبوراكس · وهنالك عدة طرق تستعمل لصهر سبيكة الوصل بالمونة ويتوقف انتقاء اي منها على نوع الشغلة وحجمها وعددها وعلى المعدات اللازمة المتوفرة واهم طرق التسخين المستعملة لصهر سبيكة الوصل بالمونة هي مشاعل اللهب الغازي ، الحث الكهربائي والمقاومة الكهربائية ، كما انه من الممكن استعمال افران التسخين الاخرى شكل (١٣-٤) ·

وتستعمل هذه الطريقة لوصل بعض انواع الصلب والنحاس والنحاس الاصفر وكذلك النيكل ومعادن وسبائك اخرى ·

١٣-٤- اللحام : Welding

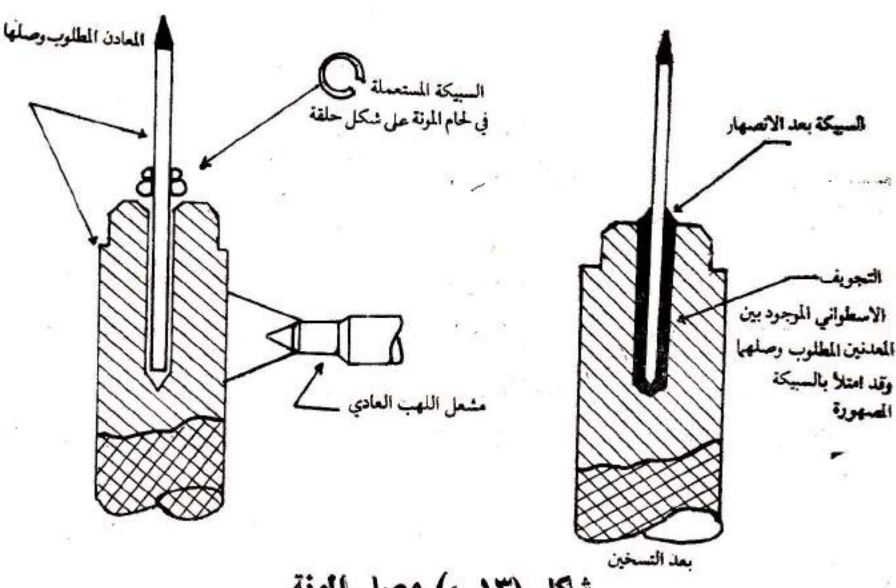
اللحام هو من اهم الطرق الشائعة لوصل المعادن ومن الممكن تقسيم العمليات المستعملة في اللحام الى :

أ ـ تسخين المعدن المراد وصله الى درجة اقل من درجة الانصهار ومن ثم تسليط ضغط ليتم اللحام كلحام الحدادة ٠

ب ـ صهر المعدن في المنطقة المراد وصلها كاللحام الغازي ولحام القـــــوس الكهربائي ٠

جـ ـ صهر المعدن في المنطقة المراد وصلها ومن ثم تسليط ضغط كلحام المقاومة الكهربائية واللحام الوميضي ٠

د ـ تسليط ضغط على المعدن المراد وصله وفي درجة حرارة الغرفة كاللحام البـــارد ٠

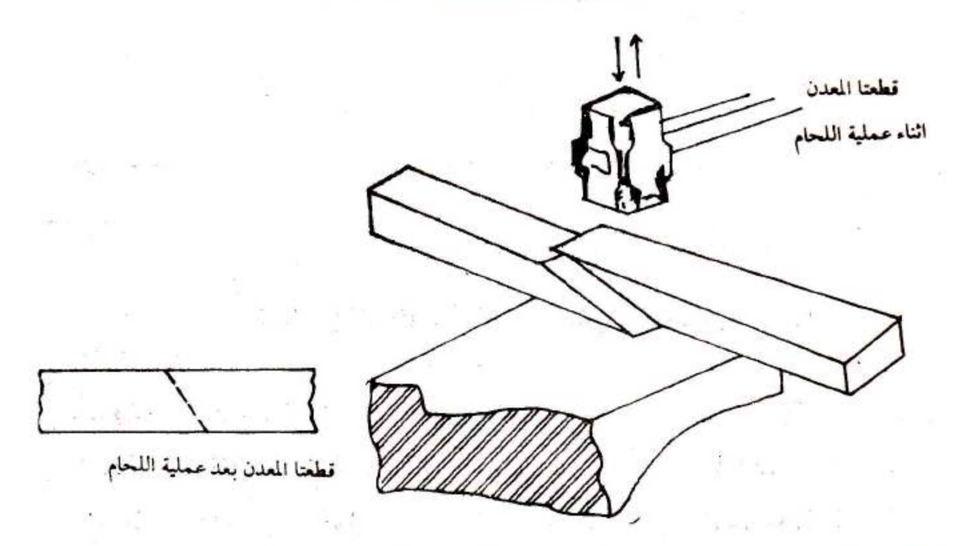


شكل (١٣ـ٤) وصل المونة

ومن الجدير بالذكر وقبل التطرق الى عمليات اللحام بان المعادن او السبائك عند اللحام تتعرض الى تغير كبير في خواصها نتيجة الحرارة العاليـــة والضغط وخاصة في منطقة اللحام ٠ لذا يتم عادة اجراء عمليات وفحوصات مختلفة على الاجزاء التي تم لحامها للتأكد من صلاحيتها وذلك قبل الاستعمال ومن ثـــم معالجتها في حالة حدوث اي اختلاف في خواصها عما هو مطلوب للاستعمال ٠

١٣ـ٤ـ١ـ لحام الحدادة : Forge Welding

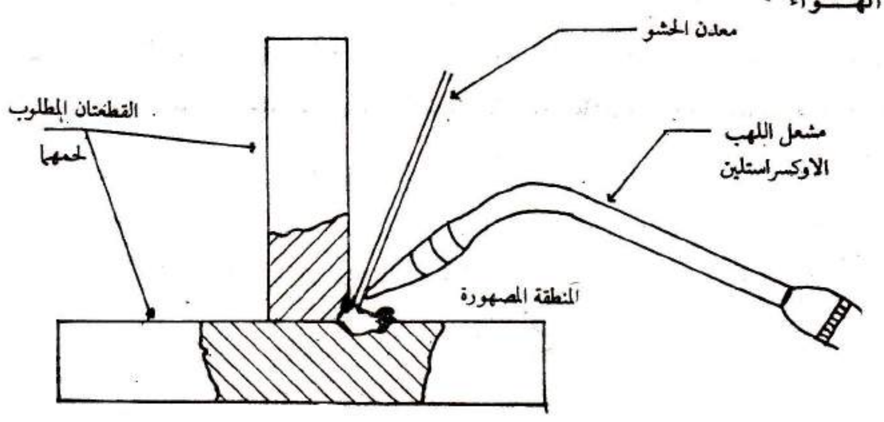
في بداية هذه العملية يتم تشكيل وتنظيف نهايتي القطعتين المطلوب لحامها ثم يسخنان بصورة منتظمة الى درجة حرارة معينة في فرن مناسب · وتضاف مواد مساعدة (رمل السيلكا او البوركس) وذلك لازالة الاكاسيد · وبعد التسخين تسحب القطعتان من الفرن ثم توضع الاجزاء المراد لحامها بسرعة الواحدة فوق الاخرى شكل (١٣ـ٥) وتطرقان يدويا او آليا حتى يتم لحامها ومعظم السلاسل المستعملة في الاغراض المختلفة يتم وصلها بهذه الطريقة ·



١٣ـ٤ـ٢ـ اللحام الغازي (لحام الاوكسجين ـ استيلين) : Gas Welding.

اهم انواع الغازات المستعملة والتي تحرق بواسطة الاوكسجين في مشعل خاص لتوليد درجة حرارة عالية هو الاستيلين كما انه من الممكن استعمال غازات اخرى كالهيدروجين ولكن درجة حراره الشعلة الاوكسي ـهيدروجينية قل من درجة حرارة الشعلة الاوكسي ـ استيلينية والتي تصل الى حوالي (٣٠٠٠°م) ولهذا تفضل هذه الشعلة على الشعلة الاوكسي ـ هيدروجينية

شكل (١٣ـ٦) وعند تولد مثل هذه الحرارة العالية تنصهر القطعتين في المنطقة الجاري لحاملها فتكون بذلك فاصلة صغيرة بين القطعتين في المنطقة المحصـــورة ولتغطية او ملئ هذه الفاصلة يستعمل معدن مناسب يسمى بمعدن الاضافــة ينصهر عند تعرضه لحرارة اللهب الاوكسي ـ استيليني وتضاف المواد المساعدة ايضا لصهر الاكاسيد ولتكوين طبقة تعمل على حماية المنطقة المصهـورة مــن الهـــواء ٠



شكل (١٣ـ٦) اللحام الاوكسي استيليني

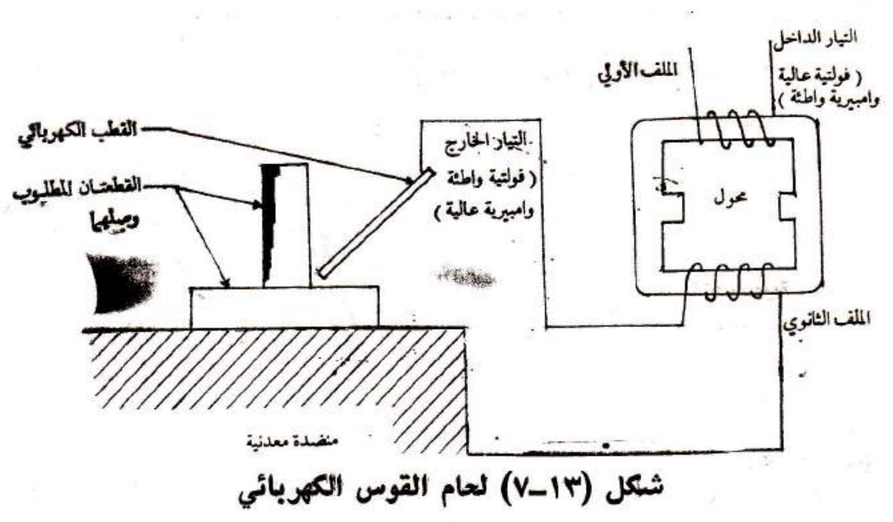
وهذه المواد المساعدة من الممكن اضافتها بصورة منفردة او يكسى معــدن الاضافة بها والذي يكون على شكل قضيب اسطواني وعندما يبدأ معدن الاضافة بالانصهار التدريجي تنفصل هذه المادة المساعدة والتي تكسي معدن الاضافــة وتؤدي عملها كما مبين سابقا ٠

١٣ـ٤ـ٣ـ لحام القوس الكهربائي : Electric Are Welding.

مبادىء عملية لحام القوس الكهربائي مبينة بالشكل (١٣ـ٧) والملاحظ من الشكل بان المحول يعمل على تحويل التيار ذا الفولتية العالية والامبيرية الواطئة الى تيار منخفض الفولتية وعالي الامبيرية وذلك للتقليل من خطورة تعـــرض اللحام الى الصدمات الكهربائية وعند اجراء عملية اللحام يقدح القوس بملامسة

القطب الكهربائي للمعدن المطلوب وصله ومن ثم يسحب هذا القطب مسافة لا تتجاوز قطر القطب الكهربائي . ان درجة حرارة القوس عند اللحام تبلغ (٣٠٠٠°م) وهذه الحرارة العالية تصهر القطعتين في المنطقة الجاري لحامها . ومثلما تم شرحه في اللحام الغازي يضاف معدن الاضافة على شكل قضيب اسطواني وفي هذه الحالة يكون القطب بالقطب الكهربائي مصنوع من مادة كالكاربون او التنكستين ويدعى هذا القطب بالقطب الكهربائي العديم الاستهلاك حيث لا يستهلك اثناء اللحام .

اما بالنسبة للقطب الكهربائي القابل للاستهلاك فيصنع من معدن الاضافة ففي هذه الحالة وكما جاء في الشكل (١٣ـ٧) فان هذا القطب الكهربائي يزود المنطقة المراد لحامها بالحرارة اللازمة للصهر بالاضافة الى المعدن لملء الفاصلة المتكونة بين القطعتين المراد لحامها نتيجة لعملية الصهر (معدن الاضافة) لذا فان هذا القطب الكهربائي يستهلك خلال عملية اللحام ويستبدل بقطب آخر عند استهلاكه .



شكل (١٣ـ٧) لحام القوس الكهربائي

وعندما يكون معدن الاضافة مغطى بطبقة من المواد المساعدة تسمى العملية لحام القوس الكهربائي المغلف ومن الممكن ايضا استعمال معدن الاضافة المغلف كقطب كهربائي (قابل للاستهلاك) شكل (١٣ـ٨) او استعمال قطب كهربائي

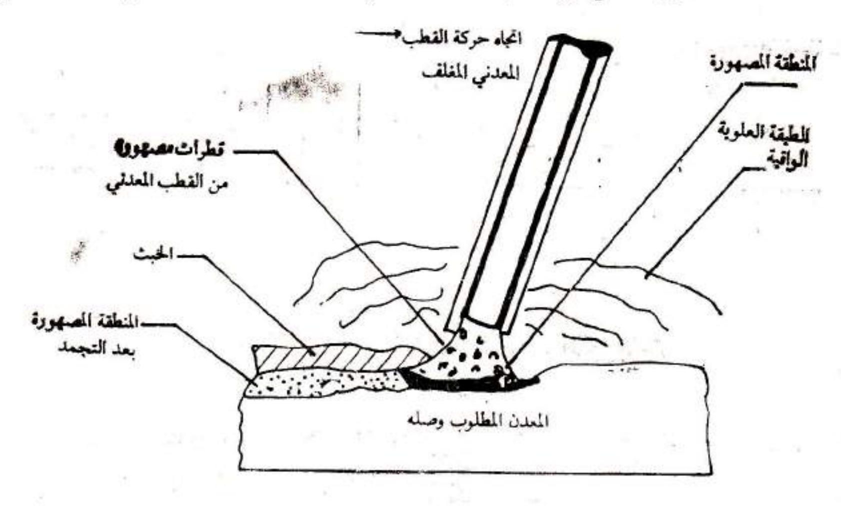
من مادة اخرى (عديم الاستهلاك) كما تم توضيحه سابقا لتزويد المنطقة المطلوب وصلها بالحرارة اللازمة للصهر فقط ·

وتعمل المواد المساعدة التي تكسى أو تغلف معدن الاضافة على :

- تنظيف المنطقة الجاري لحامها من الإكاسيد والشوائب ·
- توليد كمية كبيرة من الغازات تحيط بالقوس الكهربائي والمنطقة المصهورة وتحجبها تماما عن المحيط الخارجي ·
- انتاج الخبث الذي يطفو فوق المنطقة المصهورة · وبذلك لا يتصل الهواء بهذه المنطقة ويقلل من احتمال تأكسد المنطقة الجاري لحامها وعند تجمد هذه المنطقة بعد عملية اللحام من الممكن ازالة الخبث بسهولة ·

١٣-٤-٤- لحام المقاومة الكهربائية : Resistance Welding.

توضع القطعتان المراد لحامها بين قطبين كهربائيين متقابلين ويحرك احد القطبين باتجاه الاخر ليتم تسليط ضغط معين على القطعتين المطلوب لحامها ومن ثم يسري تيار كهربائي منخفض الفولتية وعالي الشدة خلال هذين القطبين فيتولد بذلك ارتفاع سريع في درجة الحرارة في منطقة تماس القطعتين مما يؤدي

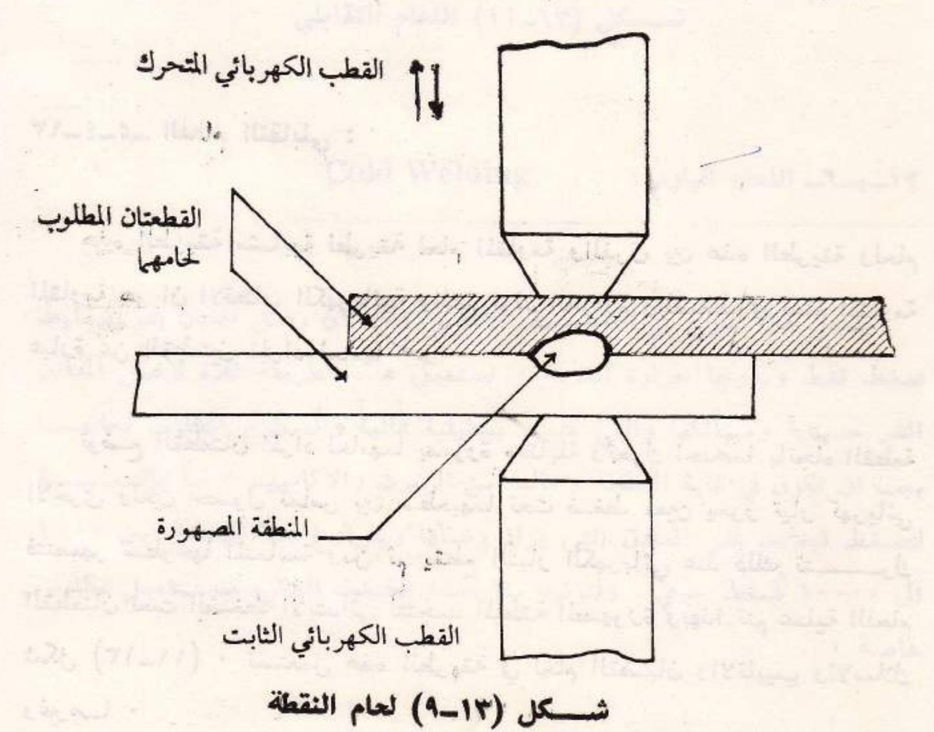


شكل (١٣-٨) لحام القوس الكهربائي المغلف

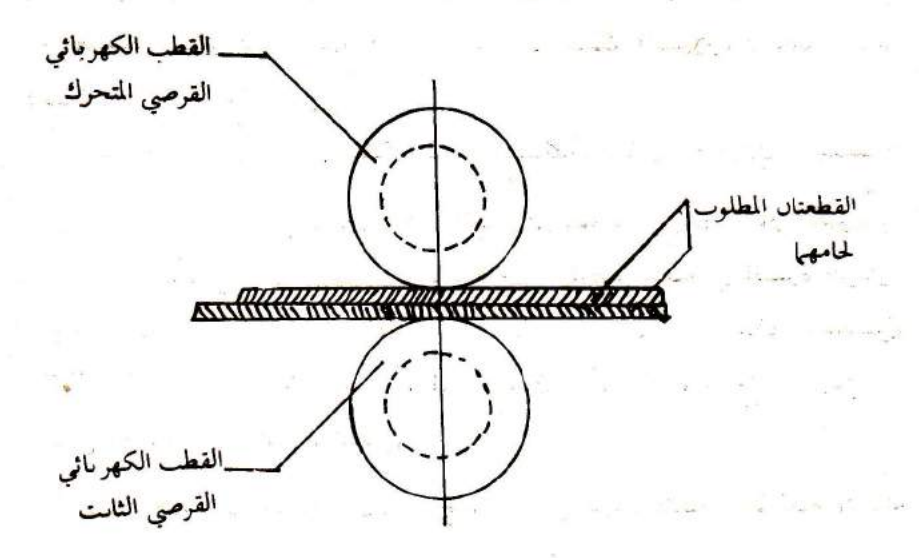
الى انصهارها جزئيا · وعند هذه المرحلة يوقف مرور التيار الكهربائي · مع بقاء الضغط مسلطا على القطعتين الى ان تتجمد المنطقة المصهورة وبذلك يتم اللحام ·

ان عملية الصهر تتم في منطقة تماس القطعتين والمعرضة لمرور التيار الكهربائي بين القطبين المتقابلين فقط وذلك لان مقاومة سريان التيار الكهربائي تكون على اشدها في هذه المنطقة · كما انه من الواجب التحكم في الفترة الزمنية لسريان التيار الكهربائي لان زيادتها عن الحد المقرر تؤدي الى اتلاف القطعتين وبالتالي الى اتلاف منطقة الوصل ، اما نقصان هذه الفترة الزمنية فيؤدي الى التقليل من احتمال تلاحم القطعتين ·

وضمن هذا العنوان من الممكن درج الكثير من طرق اللحام منها لحام النقطة شكل (١٣-٩) ولحام الدرز شكل (١٣-١٠)



شكل (١٣-٩) لحام النقطة

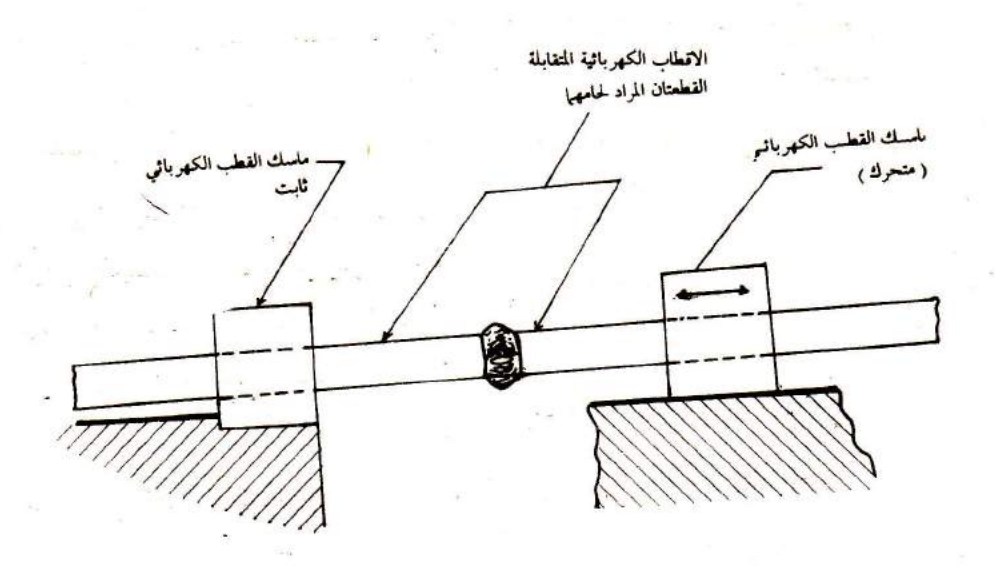


شكل (١٣ - ١٥) لحام الدرز

١٣-٤-٥- اللحام التقابلي :

هذه الطريقة مشابهة لطريقة لحام المقاومة والفرق بين هذه الطريقة ولحام المقاومة هو ان الاقطاب الكهربائية والتي تولد الحرارة والضغط في لحام المقاومة عبارة عن القطعتين المراد لحامها ·

توضع القطعتان المراد لحامهما بصورة متقابلة وتحرك احدهما باتجاه القطعة الاخرى ولحين حصول تماس بين سطحيهما تحت ضغط معين يمرر تيار كهربائي فتنصهر سطوحها المتماسة ومن ثم يقطع التيار الكهربائي عند ذلك تتـــرك القطعتان تحت الضغط الابتدائي لتتجمد المنطقة المصهورة وبهذا تتم عملية اللحام شكل (١٣-١١) · تستعمل هذه الطريقة في لحام القضبان والانابيب والاسلاك وغيرهـا ·



شـــكل (١٣ـ١١) اللحام التقابلي

١٣ـ٤ـ٦ـ اللحام البارد : Cold Welding.

يسمى هذا النوع من اللحام بهذا الاسم وذلك لان وصل المعدن يتم بتسليط ضغط فقط وبدرجة حرارة الغرفة . تستعمل هذه الطريقة عادة لوصل المعادن الغير حديدية وسبائكها والتي تتمتع بمطيلية عالية والسطوح المطلوب لحامهـــا يجب ان تكون في غاية النظافة وخالية من الزيوت والاكاسيد . أما بالنســـبة للضغط فيعتمد على المعادن التي يراد وصلها ويتراوح هذا الضغط بين ١٠٠٠ الى ١٠٠٠٠ ضغط جوي ، ولتوليد مثل هذا الضغط العالي تســـتعمل مكابس خاصة .

ـ اسـئلة ـ

س١ : بين مستعينا بالرسم اوجه التشابه بين وصل المعادن ووصل الاخشاب ٠

س٢ : عدد طرق وصل المعادن ٠

س٣ : قارن بين وصل المعادن بواسطة البراغي او بالبرشمة مستعينا بالرسم٠

س٤ : عدد اهم استعمالات الطرق التالية :

أ ـ وصل المعادن بواسطة البراغي (اللوالب)

ب ـ وصل المعادن بواسطة البرشام

ج ـ وصل المعادن بالمونة

د ـ وصل المعادن بالسمكرة

س٥ : ما الفرق بين وصل المعادن بالسمكرة وبالمونة ؟

س٦ : اشرح مستعينا بالرسم :

أ ـ وصل المعادن بالسمكرة

ب ـ وصل المعادن بالمونة

س٧ : ما هي اهم المعادن او السبائك المستعملة لوصل المعادن في طريقة :

أ ـ الوصل بالسمكرة

ب ـ الوصل بالمونة

س٨ : عدد اهم عمليات اللحام واشرح واحدة منها مستعينا بالرسم ٠

س٩ : ما المقصود بالقطب الكهربائي القابل للاستهلاك في عملية لحام القوس الكهربائي :

س١٠ : عدد اهم انواع المواد المساعدة في عملية اللحام وما هي واجباتها ؟

س١١ : اشرح مستعينا بالرسم :

أ ـ لحام النقطة

ب ـ اللحام الوميضي

س١٢ : أ ـ ما المقصود باللحام البارد وما هي خواص المعادن التي يتم لحامها بهذه الطريقة ؟

ب ـ لماذا تعتبر هذه الطريقة من طرق اللحام ؟

الفصل الرابع عشر

(السـلامة الصناعيـة)

Industrial Safty.

الفصل الرابع عشر

(السـلامة الصناعيـة)

Industrial Safty.

ان عمليات التصنيع المختلفة والتي تم عرضها باختصار في الفصول السابقة للكتاب تنجز في مكان يسمى بالمعمل او المصنع وداخل هذا المعمل او المصنـع يكثر وقوع الحوادث بمسببات كثيرة والحوادث لها تأثير مباشر على المعمـل والمصنع نتيجة لمردوداتها السلبية على معظم العاملين • فبالاضافة لما يدفـع من مصاريف لعلاج ، وتعويض المصاب او عائلته فان تدريب شخص اخر يحل محله يحتاج الى فترة زمنية ان تطول او تقصر فهي تؤثر بالتالي على مسيرة المعمل والمصنع الانتاجية ومهما يكن المعمل صغيرا فان خطر وقوع الحوادث يجب ان لا يستبعد ويجب ان تتخذ الخطوات اللازمة للتقليل من احتمال وقوع الحادثـة الصناعية • ان اتخاذ الاجراءات بعد حدوث حادثة ما لا يعتبر اسلوبا علميـا للمعالجة ، وقديما قيل (الوقاية خير من العلاج) •

فعليه ان من واجبات السلامة الصناعية هو التقليل من وقوع الحـوادث والاصابات والوقاية منها ان لم نقل منعها من الحدوث في داخـل المعمـل او المصنع • ولقد اهتمت الحكومات والمؤسسات والتنظيمات النقابية المختلفـة بموضوع السلامة الصناعية لحمايةالانسان والاله والمصنع وبالتالي الاقتصاد الوطني •

ومما تقدم يتضح ان السلامة الصناعية هو الحقل الذي يعني بتقـديم التعليمات والارشادات والتوجيهات عن انسب الطرق والوسائل من اجل التقليل من احتمال وقوع الحوادث • فهو علم حماية الانسان والمادة في المعمل او المصنع من خطر وقوع شيء غير مخطط له مسبقا يسمى بالحادثة • والحادثة مهما كان نوعها فانها تؤدي الى عرقلة في العمل وهذه العرقلة تنعكس بالتالي على المسيرة الانتاجية ومن اهم النقاط التي يجب مراعاتها للتقليل من خطر الحوادث هي :

١٤ـ١ـ استخدام المكائن والمعدات والعدد :
The Use of Machines, Equipment and Tools.

ان تدريب العمال الجدد وارشادهم وتوجيههم عن كيفية استخدام المكائن والمعدات والعدد بشكل آمن سليم يضمن التقليل من خطر الحوادث الصناعية . ومن الضروري تزويد هذه المكائن والمعدات بموقف يؤشر بلون مميز وذلك ليتسنى للعامل او اي شخص اخر قريب من الماكنة او العدة ايقافها في حالة الطوارىء كما انه من الضروري تجهيز العامل بالملابس الملائمة والتأكد من خلوها من الاطراف السائبة وكذلك بالنظارات الواقية والقفازات والاحذية وغيرها وحسبما تمليه طبيعة عمله كما ان تثقيف العمال في المجالات المتعلقة بالامان عن طريق محاضرات يعدها اخصائيون واصدار ارشادات الامان المبنية في الاساس على تعليمات التشغيل التي تصدرها عادة الجهات المنتجة للمكائن والمعدات .

ونظرا لضيق المجال فسنتطرق لمثال واحد لكل العدد والادوات ومكائن التشغيل ومعدات اللحام والتي سبق ان تم الاشارة اليها في فصول الكتاب المختلفة .

أ ـ ارشادات الامان بالنسبة للاجنات :

يعتقد الكثيرون بانه من السهل استخدام الاجنات وليس هناك حاجة لمعرفة ارشادات الامان بالنسبة لها ولكن نحب ان نذكر ان الكثير من الحوادث الصناعية وقعت بسبب سوء استخدام هذه العدد ، لذا يجب تجليخ قمة الاجنات بين فترة واخرى لمنع تطاير اجزاء منها اثناء العمل وذلك لمنع اصابة العين او اليد بها نتيجة لتطايرها وكذلك ملاحظة عدم اصابة الرايش المتطاير من الشغله الاشخاص المتواجدين بالقرب من العمل .

ب ـ ارشادات الامان بالنسبة للمثقب :

اهم المخاطر في استخدام المثقب هو تعرض المشغل الى الاصابات الجسمانية وهذه الاصابات قد تكون بسبب اتصال المشغل باجزاء متحركة من الماكنة او دخول الرايش المتطاير في العين او سقوط المواد على اصابع اليد او القدم • ومن الممكن التقليل من خطر وقوع الحوادث عند ملاحظة ما يلي :

١ ـ يجب تزويد منضدة المثقب بملزمة او مثبتات لغرض مسك الشغلة بشكل ثابت عند الثقب •

٢ ـ يجب ارتداء النظارات الواقية عند العمل لمنع دخول الرايش او الاجزاء الاخرى المتطايرة للعين •

٣ ـ يجب عدم تزييت الماكنة او القيام بأي تغيير في اجزائها اثناء العمل •

٤ ـ يجب ان تكون الارضية والتي حول المثقب بحالة جيدة بحيث تمنع انزلاق المشغل •

٥ ـ يجب ان يستعمل المثقب بشكل طبيعي حيث ان زيادة سرعة القطع او التغذية لانجاز العمل بوقت قصير لا يتلائم مع طبيعة صناعة المثقب ولا يؤدي الا الى عرقلة في العمل كالكسر الذي قد يحدث في عدة الثقب او تلف هذه العدة او تحرك الشغلة والتفافها مما قد يؤدي الى وقوع حادثة ما •

٦ ـ يجب ازالة الرايش من الشغلة او منضدة المثقب بواسطة فرشاة خاصة او باستعمال قطعة من القماش ويجب عدم استخدام اليد المجردة لانجاز ذلك •

٧ ـ يجب على المشغل ان لا يرتدي قفازات او محابس في الاصابع او رباط عنق كما يجب على النساء ذوات الشعر الطويل ارتداء غطاء الرأس عند العمل •

ج ـ ارشادات الامان بالنسبة للدرافيل :

١ ـ المنطقة الخطرة في الدرافيل تقع بين كل درفلين فعليه يجب احاطة هذه المنطقة بسياج واق يسمح بالشغلة فقط بالنفاذ وتتوقف حركة الدرافيل آليا عند حدوث اي شيء مخالف لذلك ٠

٢ ـ عند تنظيف الدرافيل يجب ان تكون ادوات التنظيف مزودة بمقابض ملساء بحيث تنزلق بسهولة من الايدي عند اشتباكها في المنطقة الخطرة للدرافيل ٠

٣ ـ اذا كان هناك ضرورة للبس القفازات فيجب ان تكون واسعة بحيث تسحب من الايدي بسهولة عندما تنحشر القفازات في المنطقة الخطرة ٠

د ـ ارشادات الامان بالنسبة للحام الغازي :

١ ـ يجب ان لا تجرى عمليات اللحام والقطع باللهب في الاماكن التي تخزن فيها مواد قابلة للاشتعال ٠

٢ ـ يجب ان توضع الاسطوانات الغازية على بعد ملائم من الموقع الذي تجرى فيه عملية اللحام وتثبت بشكل رأسي بواسطة سلاسل او احزمة على حامل خاص متنقل ٠

٣ ـ يجب سحب الغازات والابخرة التي تتولد اثناء عملية اللحام من موقع العمل بواسطة مفرغات خاصة ٠

٤ ـ يجب ان يزود مكان العمل بحاملات للمشاعل وعدم ترك المشاعل على الارض اثناء العمل لاحتمال حدوث حرائق بسببها ٠

مما سبق يتضح لنا بان كل عملية من عمليات التصنيع لها خصوصيتها بالنسبة لارشادات الامان او السلامة الصناعية ومن الواجب توجيه المشغل وتثقيفه وملاحظة ومراقبة التزامه بهذه الارشادات عند العمل ٠

١٤ـ٢ـ نقل المواد : Materials Transportation

ان عملية نقل المواد تتم اما بواسطة عربات يدوية او آلية تسير على سكك او طرق في داخل المصنع او خارجه وفي الكثير من الاحيان بواسطة سيور متحركة او سلاسل او بواسطة رافعات خاصة ٠٠ الخ ٠

ان النقل اليدوي لايزال يستخدم في كثير من المعامل والمصانع اذ ان بعض عمليات النقل تكون اكثر اقتصادية عند استخدام العنصر البشري في انجازها وعندها يجب مراعاة جنس الشخص حيث ان المقدرة الجسمانية للرجل هي غير ما عليه للمرأة كما ان هذه المقدرة الجسمانية تتناقص بتزايد السن واقصى مقدرة جسمانية يمكن ان تبذل هي بين (٢٠ـ٣٥) سنة بالنسبة للرجل و (٢٠ـ٣٠) سنة بالنسبة للنساء ٠ وان معظم الحوادث التي تقع في النقل اليدوي سببها الكلام فعليه يجب التزام الادارة بالتعليمات الخاصة بهذا الشأن والصادرة من المؤسسات والمنظمات العمالية ٠ وبصورة عامة يجب عند نقل المواد ملاحظة ما يلي :

١ ـ يجب ان يكون تحميل البضائع على عربة النقل رأسيا ٠

٢ ـ يجب عدم تحميل اي وسيلة للنقل اكثر من طاقتها او تشغيلها بسرعة اكثر من سرعتها المقررة من قبل المنتج ٠

٣ ـ يجب ازالة اي عائق وتنظيف وصيانة مسارات النقل المختلفة ٠

٤ ـ الاصلاح الفوري لكل عيب يلاحظ في وسائل النقل ٠

٥ ـ لا يسمح بوقوف اي شخص او مروره تحت احمال مرفوعة ٠

٦ ـ يجب عدم المسير خلف عربات النقل عند نقلها البضائع لقمة منحدرة ٠

٧ ـ يجب ان تكون هناك مسافة ملائمة بين عربة نقل البضائع بالسكك وبين المكائن او البضائع المخزونة او المباني المجاورة ٠

٨ ـ يجب ان يكون لقنطرة التحميل والواقعة بين عربة النقل بالسكك وبين رصيف التحميل سطح كبير وكاف في كلا الجانبين للاستناد عليه • كما يجب تثبيت قنطرة التحميل ومنع تمايلها حتى لا تتزحزح من موقعها وينبغي ان يكون سطح القنطرة مانعا للتزحلق •

١٤ـ٣ـ مكان العمل : Working Place.

يقصد بمكان العمل هو الموقع المخصص في المعمل لانجاز عمل ما ، ومن مجموع اماكن العمل يتكون المعمل وهنالك شروط معينة يجب الالتزام بها عند تصميم المعمل وتقسيمه الى اماكن عمل اهمها :

١ ـ يجب ان تكون المساحة المحيطة بكل ماكنة او عدة كافية لتحرك المشغل لاداء عمله بدون عائق وكذلك من اجل صيانة هذه الماكنة او العدة •

٢ ـ يجب توفير ممرات كافية لانتقال العمال والمواد داخل المصنع •

٣ ـ يجب ان يكون سقف المصنع مرتفع بعض الشيء لتوفير المستلزمات الصحية كالتهوية والاضاءة •

٤ ـ يجب ان تكون الارضية في المصنع مستوية وخشنة لمنع التعثر او الانزلاق اثناء العمل او التنقل كما يجب ان تكون رديئة التوصيل للكهرباء والصوت •

٥ ـ يجب استعمال المواد الغير قابلة للاحتراق في بناء المصنع كالطابوق والخرسانة والهياكل الحديدية والالمنيوم وغيرها •

٦ ـ يجب طلاء جدران المصنع والمكائن والمعدات باصباغ دهنية صقيلة لتسهيل عملية التنظيف وكذلك ذات الوان هادئة غير مهيجة للاعصاب •

٧ ـ توفير الخطوط الهاتفية الداخلية والخارجية لتسهيل الاتصالات في داخل وخارج المصنع وكذلك صناديق الاسعافات الاولية ومن الضروري توفير قناني الحرائق وصفارات واجراس الانذار والتنبيه بالاضافة الى ابواب

وسلالم الخروج لاضطراري ويجب بناء ملجأ مزود بكافة المستلزمات الضرورية من اجل ايواء العاملين عند الغارات الحربية .

١٤ـ٤ـ التهوية والاضاءة والضوضاء :

Ventilation, Light and Noise.

ان التهوية والاضاءة والضوضاء لها تأثير على نسبة الحوادث في داخل المعمل او المصنع فان التهوية غير السليمة تسبب الكلل والاضاءة الرديئة تسبب عدم وضوح الرؤيا ان كانت ضعيفة او اتعاب وارهاق العاملين ان كانت قوية متوهجة والضوضاء تسبب عدم وضوح السمع واذا استمرت فانها تسبب الصمم .

والتهوية والاضاءة قد تكون طبيعية او اصطناعية ومن اجل التخفيف من وقوع الحوادث نتيجة هذه العوامل يجب قراءة النقاط التالية بالنسبة لكل عامل :

أ ـ التهوة :

١ ـ يجب ان لاتقل نسبة الاوكسجين في هواء المصنع عن ٢١٪ ولا تزيد نسبة ثاني اوكسيد الكربون عن ٣/ بأي حال من الاحوال وان يغير هواء المصنع ستة مرات في الساعة على الاقل وفي العمليات الصناعية التي يتكاثر خروج الغازات والابخرة والدخان منها فمن الواجب تغيير هواء اماكن العمل من ١٦ـ١٢ مرة في الساعة . اما في المعامل الكيمياوية فتغير الهواء ١٠ـ١٢ مرة في الساعة .

٢ ـ يجب ان تكون النسبة بين درجة حرارة الهواء ورطوبته وسرعته وبين العمل المطلوب اداؤه مناسبة وهنالك جداول خاصة بهذه النسب والتي تغيرحسب طبيعة العمل فمثلا عندما تكون الرطوبة النسبية ٥٠٪ وسرعة الهواء

٢ر٠م/ثا تكون درجة الحرارة الملائمة ٢٠°م بالنسبة للاعمال الشاقة وكقاعدة عامة يجب تجنب التغيرات المفاجئة والملحوظة في درجة حرارة الهواء وسرعته ٠

ب ـ الاضاءة :

١ ـ يجب ان تكون الاضاءة في مكان العمل ملائمة وغير متوهجة ٠ وقوة الاضاءة الملائمة تختلف باختلاف طبيعة العمل الذي يزاول فاستخدام عدد القياس يحتاج الى اضاءة اقوى مثلا من الاضاءة في قطع المعادن باستخدام المنشار الالي او اليدوي ٠

٢ ـ يجب عدم الاعتماد على الاضاءة الطبيعية في مختلف اجزاء المصنع اعتمادا كليا لانها تخضع لعدة عوامل طبيعية كتغير قوتها بحكم تغير الطقس او الفصول فعليه يجب الاستعانة بالاضاءة الصناعية واستخدام مصابيح (انابيب) الفلورسنت هي كأحسن وسيلة لهذا الغرض ٠

٣ ـ يجب تنظيف النوافذ والسقوف والجدران والمصابيح بصورة منتظمة مع استبدال مصابيح جديدة بدل التي مضى على استعمالها فترات طويلة ليتسنى الحصول بشكل مستمر على الاضاءة الملائمة ضمن حدود المخطط لها ٠

جـ ـ الضوضاء :

١ ـ يجب استخدام مواد في ارضية المصنع وفي الجدران عازلة الصوت ٠

٢ ـ يجب استخدام بقدر الامكان المكائن والمعدات القليلة الضوضاء والكثير من هذه المكائن او المعدات متوفر في الاسواق كالمحركات الكهربائية ومحركات الاحتراق الداخلي وضاغطات الهواء وغيرها ٠

٣ ـ يجب استخدام واقيات الاذن اذا لم تكن التدابير الفنية المتخذة كافية للتخلص من الضوضاء ٠

١٤-٥- العوامل الاجتماعية والصحية والنفسية :

هنالك الكثير من الحوادث التي تقع نتيجة للوضع الاجتماعي او الصحي او النفسي الذي يعيشه العامل فان شرود الذهن اثناء العمل قد يسبب في حادثة وارهاق العامل بالعمل دون منحه فترات للراحة اسبوعية او شهرية او سنوية تسبب الكلل الذي قد يؤدي ايضا لحادثة · ولتجنب هذه الحوادث على ادارة المعمل او المصنع ملاحظة ما يلي :

١ - توفير الظروف الاجتماعية الملائمة في داخل المصنع من قاعات ومطاعم وغرف للاجتماعات وغرف للاستراحة ومغاسل وحمامات والمرافق الضرورية الاخرى · كما يجب توفير مساكن ومدارس ووسائل خدمة اخرى لعوائل العاملين وخاصة في المناطق البعيدة عن مراكز المدن ·

٢ - توفير علاقات جيدة بين كافة العاملين في المعمل والمصنع وتثقيف وتطوير العمال ومساعدة كل شخص لكي يشعر فعلا باهمية العمل الذي ينجزه مهما كان صغيرا وتوضيح ارتباط هذا الجزء من العمل بالعملية الانتاجية ككل بالاضافة الى تنمية شعوره بالانتماء الى المعمل او المصنع ·

٣ - معالجة مشاكل العمال والعمل بأسلوب علمي ومتابعة كافة القضايا التي تعرض من قبل العاملين من اجل الوصول الى حلول سليمة · وهذه المعالجة لا تنعكس فقط على العاملين بل تنعكس بالتالي على مستوى وحجم الانتاج ·

٤ - منح العمال الراحة الاسبوعية والاجازات الدورية لتجنب ارهاقهم بالعمل·

٥ - الاهتمام بالحالة الصحية للعمال وتوفير كافة مستلزمات العلاج لهم ·

لقد تم التطرق في هذا الفصل الى النقاط العامة والتي يجب اتباعهـــا من اجل التقليل من وقوع الحوادث في المعمل والمصنع ٠ ولقد توخينا طـرح العموميات وابتعدنا قدر الامكان عن الخصوصيات والتي قـد تكون ضروريـة بالنسبة لعملية صناعة او لمعمل او مصنع ما ٠

ان اتباع النقاط المشار اليها في هذا الفصل يضمن التقليل من الحوادث وهذا هو واجب علم السلامة الصناعية وهو واجب انساني قبل كل شيء ٠

ـ اسـئلة ـ

س١ : ما علاقة التعبير القديم (الوقاية خير من العلاج) والسلامة الصناعية ؟

س٢ : ما المقصود بالسلامة الصناعية وما علاقتها بالاقتصاد الوطني ؟

س٣ : ما هي ارشادات الامان بالنسبة لاستخدام :

أ ـ الاجنات •

ب ـ المثاقب •

ج ـ الدرافيل •

د ـ اللحام الغازي •

س٤ : ما هي اهم الوسائل المستخدمة لنقل المواد في داخل المصنع ؟
وما هي النقاط التي يجب مراعاتها عند نقل المواد من اجل التقليل من الحوادث الصناعية ؟

س٥ : ما هي الشروط التي من الواجب الالتزام بها عند تصميم المصنع وتقسيمه الى اماكن عمل لتأمين السلامة الصناعية في المصنع ؟

س٦ : ما هو تأثير التهوية والاضاءة والضوضاء على الحوادث ؟ اذكر بعض الامثلة •

س٧ : من اجل التخفيف من الحوادث بسبب العوامل التالية :
(التهوية ،، الاضاءة ، الضوضاء) يجب مراعاة نقاط معينة ، عدد هذه النقاط •

س٨ : ما هو المقصود بالعوامل الاجتماعية والصحية والنفسية ؟
وما هو تأثيرها على الحوادث ؟ وما هي الاجراءات التي تتخذها الادارة من اجل التقليل من تأثير هذه العوامل على مستوى وحجم الانتاج ؟